

Міністрство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Обладнання харчових технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Модернізація тістомісильної машини Т1-ХТА з дослідженням
конструктивних особливостей вузла змішування з використанням
програмного комплексу SolidWorks

Виконав (ла) студента (ка) 6 курсу групи МОм-61
спеціальності 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Харчій А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Вітенько Т.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Ворощук В.Я.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Вітенько Т.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2022

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра Обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Вітенько Т.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

Студенту Харчій Андрію Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація тістомісильної машини Т1-ХТА з дослідженням конструктивних особливостей вузла змішування з використанням програмного комплексу SolidWorks.

Керівник роботи Вітенько Тетяна Миколаївна к.т.н., професор, завідувач кафедри

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «01» листопада 2022 року № 4/7-871

2. Термін подання здобувачем завершеної роботи грудень 2022

3. Вихідні дані до роботи Технічні характеристики та особливості конструювання тістомісильної машини Т1-ХТА та наявна технологія виготовлення хліба.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Анотацію. Зміст. Вступ. 1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження. 2. Вибір методу та способу дослідження модернізації обладнання для замісу тіста. 3. Розрахунок вихідних параметрів обладнання. 4. Моделювання робочого органу тістомісильної машини Т1-ХТА. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Тістомісильна машина періодичної дії марки Т1-ХТА. Загальний вигляд (2 а.ф. А1)

2. Схема процесу виготовлення хліба на виробництві (1 а.ф. А1)

3. Робочий орган тістомісильної машини періодичної дії Т1-ХТА. Загальний вигляд (1 а.ф. А1).

4. Дослідження напружень робочого органу тістомісильної машини Т1-ХТА (2 а.ф. А1)

5. Зміна параметрів (в'язкість, динамічна в'язкість та ін..) тіста та графіки їх залежностей. (2 а.ф. А1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кравець О.І. - к.т.н., доц. ОХ		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стручок В.С. – ст. викл.		
Нормоконтроль	Ворошук В.М. - к.т.н., доц. ОХ		

7. Дата видачі завдання

01 листопада 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження	8.11.22 р.	
2	2. Вибір методу та способу дослідження модернізації обладнання для замісу тіста	17.11.22 р.	
3	3. Розрахунок вихідних параметрів обладнання	23.11.22 р.	
4	4. Моделювання робочого органу тістомісильної машини Т1-ХТА під час процесу замішування тіста	28.11.22 р.	
5	5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	3.12.22 р.	
6	Графічна частина	4.12.22 р.	
7	Тістомісильна машина періодичної дії марки Т1-ХТА. Загальний вигляд	5.12.22 р.	
8	Технологічна схема процесу виготовлення хліба на виробництві. Графічне зображення	6.12.22 р.	
9	Напруження робочого органу тістомісильної машини. Графічне зображення	7.12.22 р.	
10	Зміна фізичних параметрів тіста. Графічне зображення	8.12.22 р.	

Студент

(підпис)

Харчій А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Вітенько Т.М.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Автор кваліфікаційної роботи освітнього рівня «магістр» – Харчій Андрій Володимирович.

Тема кваліфікаційної роботи: Модернізація тістомісильної машини Т1-ХТА з дослідженням конструктивних особливостей вузла змішування з використанням програмного комплексу SolidWorks.

Дослідження на здобуття кваліфікації магістра зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». - Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2022.

Структура кваліфікаційної роботи складається із розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 86 сторінки (45 рисунків, 3 таблиці) та графічної частини обсягом 8 листів А1.

Магістерська робота присвячена модернізації вузла замішування тістомісильної машини Т1-ХТА, а саме тістомісильної лапи. Запропонований варіант виконання модернізованої тістомісильної лапи. Розраховано напруження, що виникають в процесі перемішування тіста. Проведений аналіз результатів розрахунків. Описана підготовка заходів з охорони праці та підготовка заходів із безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: тістомісильна машина, SolidWorks, місильна лапа, вузол замішування.

Annotation

The author of the qualification work of the educational level "master" - Andriy Kharchiy.

Theme of qualification work: Modernization of the kneading machine T1-HT2A with the study of the design features of the mixing unit using the SolidWorks software package.

Research for the master's degree in specialty 133 "Industrial Engineering". - Ivan Puluj Ternopil National Technical University, Ternopil, 2022.

The structure of the qualification work consists of a calculation and explanatory note of 87 pages (45 figures, 3 tables) and a graphic part of 8 A1 sheets.

Master's thesis is devoted to the modernization of the kneading unit of the kneading machine T1-HT2A, namely the kneading paw. The proposed version of the modernized kneading paw. The stresses arising in the process of mixing the dough are calculated. The analysis of the calculation results is carried out. Preparation of labor protection measures and preparation of safety measures in emergency situations are described.

Keywords: kneading machine, SolidWorks, kneading paw, kneading unit.

Зміст

	Стр.
Анотація.....	4
Вступ	8
1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження	10
1.1. Огляд обладнання періодичної дії для замішування тіста ...	10
1.2. Особливості конструкцій робочих органів обладнання для замішування тіста	20
1.3. Аналіз процесу замішування тіста	24
1.4. Опис технологічної та апаратурної схеми обладнання для виробництва хліба.....	26
1.5. Аналіз та короткий опис об'єкту дослідження.....	32
1.6. Мета та задачі кваліфікаційної роботи	36
2. Вибір методу та способу дослідження модернізації обладнання для замісу тіста	37
2.1. Опис програмного забезпечення для моделювання модернізованого місильного органу	37
2.2. Структурний аналіз тістомісильного апарату Т1-ХТА	40
2.3. Модернізація місильного органу тістомісильної машини Т1-ХТА	42
3. Розрахунок вихідних параметрів обладнання.....	45
3.1. Розрахунок продуктивності тістомісильної машини Т1-ХТА	45
3.2. Визначення споживаної потужності	45
3.3. Розрахунок ланцюгової передачі.....	52
4. Моделювання робочого органу тістомісильної машини Т1-ХТА під час процесу замішування тіста.....	56

4.1	Моделювання та розрахунок напружень робочого органу під час процесу перемішування.....	56
4.2.	Аналіз результатів.....	70
5.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	72
5.1.	Захист технологічного обладнання харчових виробництв від біологічного зараження.....	72
5.2.	Заходи безпеки під час роботи в зоні біологічного зараження	74
	Загальні висновки.....	79
	Перелік посилань.....	80
	Додатки.....	83
	Специфікації	

Вступ

Актуальність теми. У хлібопекарському виробництві заміс вважається однією із важливих операцій, що визначають механічні властивості тіста, які мають безпосередній вплив на якість кінцевого продукту.

Для досягнення оптимального замісу, борошно поміщають в посудину певного типу, яка дозволяє переміщати і перемішувати матеріал за бажаною схемою з бажаною швидкістю і крутним моментом. Основна мета операції замішування є отримання тіста з в'язко-еластичною структурою та властивостями.

Існує необхідність розробки та модернізації існуючого вузла замішування тістомісильної машини з вищими економічними та технологічними показниками.

Серед конструктивних особливостей тістомісильних машин можна виділити те, що в них можна здійснювати заміну робочих органів за допомогою яких досягаються необхідні параметри замішування. Модернізація вузла тістомісильної машини Т1-ХТА дозволить зробити її універсальною при виробництві різних хлібобулочних виробів.

В даній кваліфікаційній роботі для дослідження конструкції та модернізації тістомісильного апарату використовувався програмний комплекс SolidWorks.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є проведення досліджень конструкції та розробка заходів з модернізації вузла замішування тістомісильної машини Т1-ХТА для удосконалення процесу підготовки опари в тістомісильній діжі, який впливає на кінцеву якість виготовленого на виробництві хліба.

Для поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Дослідити конструктивні особливості не модернізованого вузла замішування шляхом аналізу напружень місильного органу тістомісильної машини Т1-ХТА, оцінити вплив робочого органу на процес замішування.

2. Розробити заходи з модернізації конструкції тістомісильного органу.
3. Запропоновані варіанти конструкцій дослідити в програмному комплексі SolidWorks, провести розрахунок навантажень та напружень на місильну лапу.
4. Провести порівняння результатів для різних запропонованих варіантів виконання конструкції лопаті, здійснити їх аналіз, підібрати оптимальний варіант модернізації та матеріал.
5. Оцінити вплив модернізованого місильного органу на процес замішування опари.

Об'єкт досліджень: конструктивні параметри тістомісильного органу. Вузол замішування.

Предмет дослідження: місильний орган тістомісильної машини Т1-ХТА — місильна лапа.

Методи дослідження: визначення напружень місильного органу в процесі замішування опари, розрахунок напружень за допомогою методу комп'ютерного моделювання в програмі SolidWorks Simulation.

Наукова новизна одержаних результатів. Сформовано комп'ютерну 3D модель тістомісильної лопаті для дослідження напружень, що діють на неї в процесі замішування. Визначено вплив геометричних параметрів на величину цих напружень, здійснено аналіз зміни фізичних параметрів тіста.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані результати досліджень та наліз напружень можуть бути корисними при вдосконаленні наявних та розробленні нових конструкцій тістомісильних лопатей.

Апробація результатів. Участь у V Міжнародній студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання».

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, переліку посилань (14 найменувань), 2 додатки. Загальний обсяг текстової частини — 86 сторінки, на яких є 3 таблиці, 45 рисунка. Додатки розміщені на 5 сторінках. Графічна частина складається з 8 аркушів формату А1.

1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження

1.1. Огляд обладнання періодичної дії для замішування тіста

Одним з найважливіших етапів в процесі виробництва хліба є замішування.

Замішування — це процес обробки суміші тіста для утворення гладкої та цілісної маси. Це можна зробити ручним або механічним способом. Правильне замішування має важливе значення для формування тіста з належними в'язкопружними властивостями, такими як [1,6]:

- газотримуюча здатність
- хліб з дрібнозернистою структурою, текстурою та м'якушкою.

Можна сказати, що замішування тіста таке ж давнє, як і сам процес випікання. Тісто не може досягти хороших реологічних властивостей, якщо не змішати необхідні інгредієнти і не вимісити отриману грудкувату масу до утворення однорідного тіста, придатного для випікання хліба.

Хлібопекарська промисловість обладнана широким асортиментом різного обладнання, в перелік такого обладнання входять і тістомісильні апарати. Нижче приведені приклади конструкцій та принципів роботи різних моделей тістомісильних машин.

Тістомісильні машини забезпечують рівномірний розподіл усіх компонентів у їх загальній кількості, замішування тіста та його правильну пластифікацію. В залежності від особливостей робочих органів тістомісильних машин вони можуть застосовуватись для замісу тіста різного призначення: для замісу дріжджового, прісного листового та інших видів. Вони поділяються на малогабаритні (ємність чаші - 15-20 л), середньогабаритні (30-40 л) і великогабаритні (140-200 л).

За принципом роботи тістомісильні машини бувають трьох типів [8,10]:

- з рухом (обертанням) тільки місильного органу;
- з рухом (обертанням) тільки чаші;

- рухаються і місильний орган, і чаша.

У машинах першого типу використовується один електродвигун, рух від якого передається безпосередньо на місильний орган. Такий принцип роботи зазвичай характерний для машин з невеликим об'ємом робочої чаші або для більших машин, у яких використовуються підкатні чаші. Обертання місильного органу може бути простим (навколо однієї осі) або планетарним (навколо своєї та головної осі). Для зручності обслуговування місильний орган або його привід змонтовано з можливістю обертання у вертикальній площині, що забезпечує завантаження і вивантаження чаші.

Тістомісильна машина МБТМ-140-01 (рис.1.1) призначається для замішування тіста з різною консистенцією, та складається з власне машини і підкатної чаші. Сама машина має корпус, механізми для передавання руху робочому органу і чаші, механізм підйому й опускання траверси [3,9,15].

Чаша і робочий орган здійснюють обертальний рух. На валу двигуна закріплені два шків, один з яких передає обертальний рух за допомогою шківної ремені, на валу якого закріплений черв'як, а черв'як - на черв'ячне колесо. На валу черв'ячного колеса закріплено обгумоване фрикційне колесо, за допомогою якого ванна обертається за рахунок сил тертя.

Тістомісильна машина А2-ХТМ (рис.1.2) призначена для порційного замісу напівфабрикатів та тіста у виробництві хлібних і кондитерських виробів.

На плиті, прикріпленій до фундаменту болтами, є напрямні та упори для встановлення і фіксації підкатної діжі в робочому положенні. До плити болтами кріпиться станина, усередині якої вміщено електрообладнання, захищене від попадання борошняного пилу. Станина має нерухому вісь, на якій розміщені підшипники для встановлення траверси та упори механізму повороту траверси.

Привід місильного органу складається з електродвигуна, клиноремінної передачі та планетарного редуктора. Місильний орган кріпиться на циліндричний хвостовик вихідного вала редуктора болтами [14,15,16].

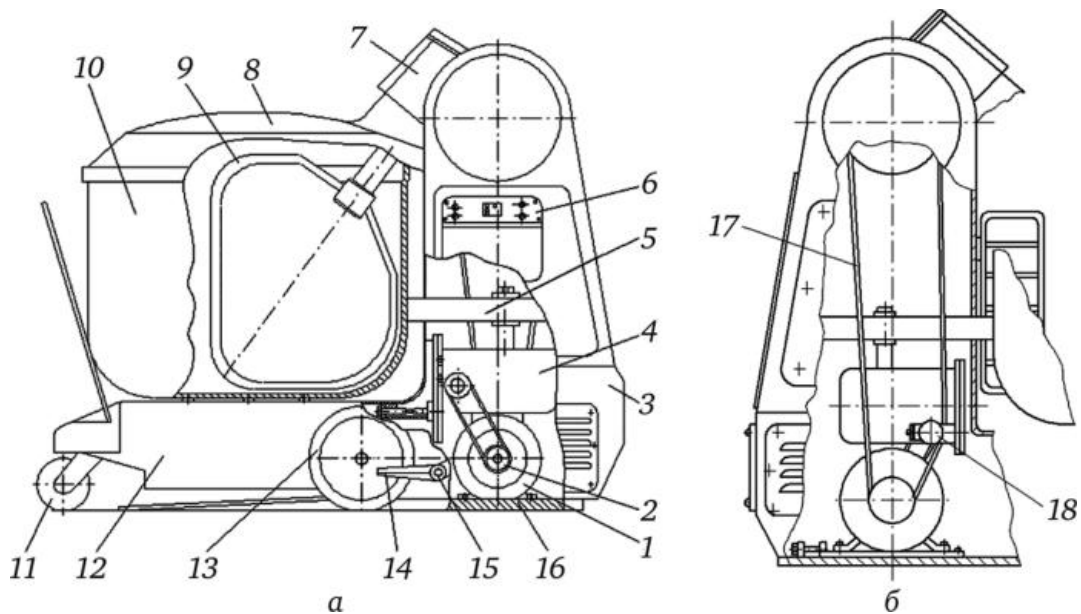


Рис. 1.1. Машина тістомісильна МБТМ-140-01:

а – загальний вигляд; б – вид ззаду; 1 – електродвигун; 2, 17 – клинопасова передача; 3 – корпус; 4,7 – черв'ячний редуктор; 5 – ролик; 6 – блок керування; 8 – кришка; 9 – місильний орган; 10 – бак; 11 – колесо поворотне; 12 – візок; 13 – колесо неповоротне; 14 – педаль; 15 – гаки; 16 – плита опорна; 18 – ролик натяжний

В таблиці 1.1. приведено технічні характеристики тістомісильної машини періодичної дії з підкатною діжею.

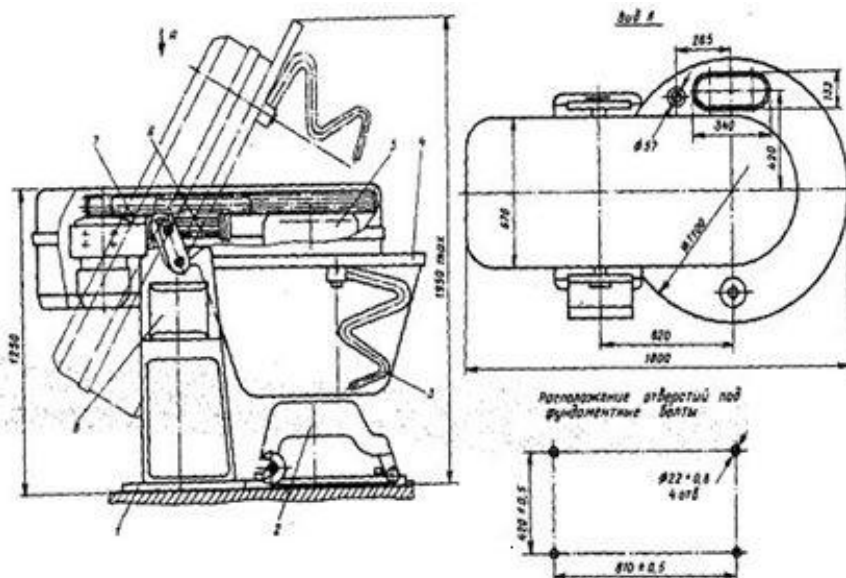


Рис. 1.2. Тістомісильна машина А2-ХТМ:

1 – фундаментальна плита; 2 – підкатна діжа; 3 – місильний орган; 4 – кришка; 5 – привід місильного органу; 6 – електродвигун; 7 – траверси; 8 – станина.

Технічні характеристики "А2-ХТМ"

Продуктивність, кг/год	475
Місткість діжі, л	330
Число робочих лопатей	1
Число коливань місильного важеля, об/хв	23,5
Потужність електродвигуна, кВт	3
Габаритні розміри машини, мм	
висота	1100
довжина	1200
ширина	810

Тістомісильна машина Т-512 (рис. 1.3) призначається для замішування тіста з житнього і пшеничного борошна.

Тістомісильну машину Т-512 виготовляють у двох різних модифікаціях - з підкатними діжами і п'ятидіжовою каруселлю. Тістомісильна машина з підкатними діжами складається з шнека, корпусу, діжі, кронштейна, основи та приводу.

В основі конструкції тістомісильного апарату виступає корпус, місильний орган розміщується на консольній частині тістоміса, тістоміс складається з двигуна та редуктора, які з'єднані між собою клинопасовою передачею. Цапфа кріпиться на вихідний вал самого редуктора. На неї кріпиться кришка. В гільзі 9 розташовані три пружини 8, вони забезпечують щільніше закривання діжки.

В корпусі тістоміса передбачений бак для обігріву води, бак являє собою термореле яке розташоване в ємності з водомірною скла. ТЕН для обігріву знаходиться в нижній частині бака. Штанга болтами кріпиться до фланця болтами, на іншому кінці штанги розташовується штанга з бронзи, що входить у зачеплення з валом-гвинтом приводу. Обертаючись, вал-гвинт здійснює

підймання й опускання корпусу та місильного органу, виконаного у вигляді стрічкового шнека.

Діжа являє собою циліндричну ємність із ручками, установчим поясом для розміщення її на кронштейнах [5,13,16,17].

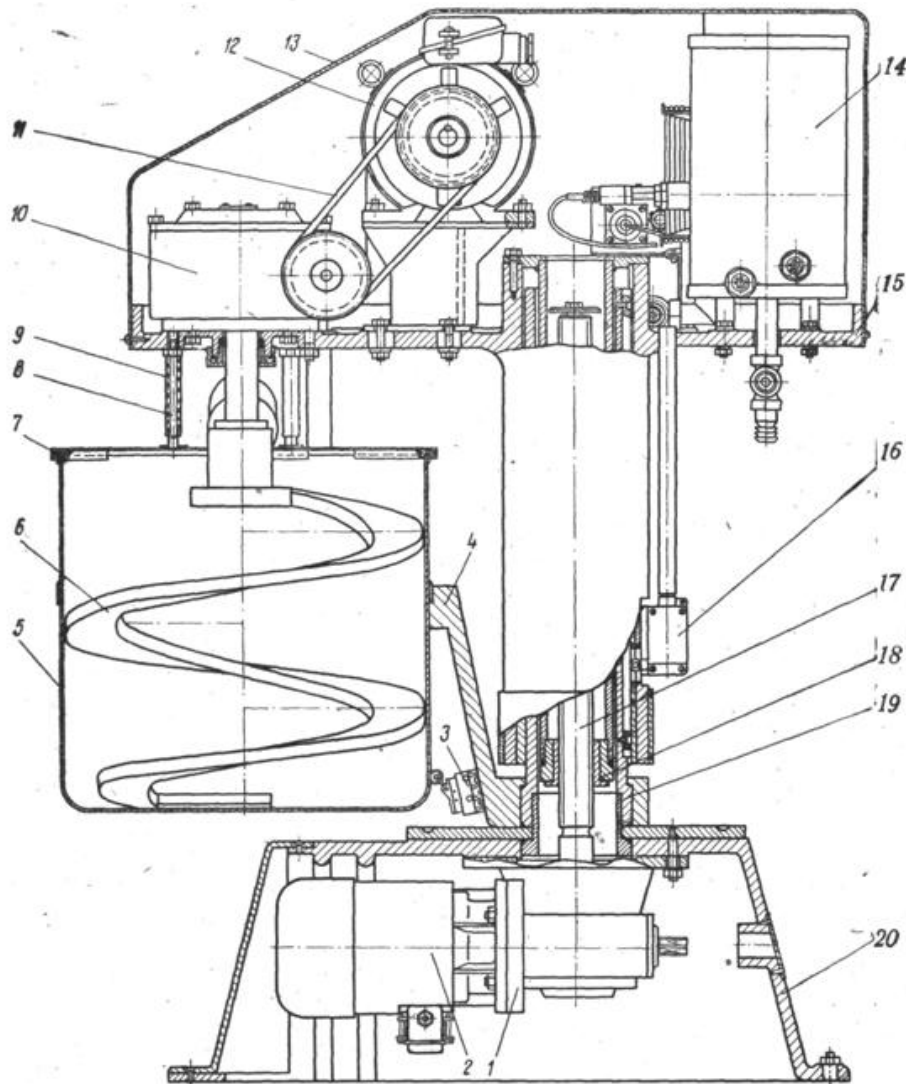


Рис. 1.3. Тістомісильна машина Т-512:

1, 10 – черв'ячні редуктори; 2, 12 – електродвигуни; 3, 16 – кінцеві вимикачі; 4 – кронштейн у зборі; 5 – діжа; 6 – місильний орган; 7 – кришка; 8 – пружина; 9 – гільза; 11 – клинопасова передача; 13 – кришка в зборі; 14 – бак для води; 15 – корпус; 17 – вал-гвинт; 18 – бронзова гайка; 19 – колона; 20 – основа.

Тістомісильні апарати "Стандарт" (рис. 1.4), що відносяться до тістомісів періодичної дії та призначаються для замішування опари та тіста з різних видів борошна (пшеничне, житнє) у ємкостях (діжах), об'єму 330 л. переважно застосовуються на хлібобробних виробництвах середньої та малої потужності [4,7].



Рис. 1.4. Загальний вигляд тістомісильної машини "Стандарт"

Машина "Стандарт" (рис. 1.5) складається з фундаментної плити 4, корпусу 5, приводної голівки 7, місильного органа 12, підкатної діжі та приводу [11] .

Фундаментна плита закріплюється на бетонному фундаменті на між-поверховому перекритті чотирма анкерними болтами. Передня частина фундаментної плити призначена для встановлення і кріплення триколісної візка-ліжки діжі. Для цього на плиті встановлені два чавунних кронштейни 1 і запірня планка 15. Крім того, на плиті розташований ножний важіль 17 і упорний куточок 18, які служать для звільнення діжі з фундаментної плити після закінчення замішування тіста. Діжа закріплюється на плиті автоматично діючим затискним механізмом із педаллю.

Чавунний корпус 5 машини прикріплюється до фундаментної плити 4. У ньому встановлений електродвигун 6 приводу, який може пересуватися по направляючих, здійснюючи натяг клинопасової передачі. Привідна головка встановлена на корпусі машини і прикріплена до нього болтами.

Місильний орган являє собою сталевий важіль, вигнутий під кутом 118° . На кінці важеля укріплена лопать, конфігурація якої відповідає профілю діжі. Під чаном діжі укріплена черв'ячна шестерня, що входить у зачеплення з черв'ячним колесом станини машини.

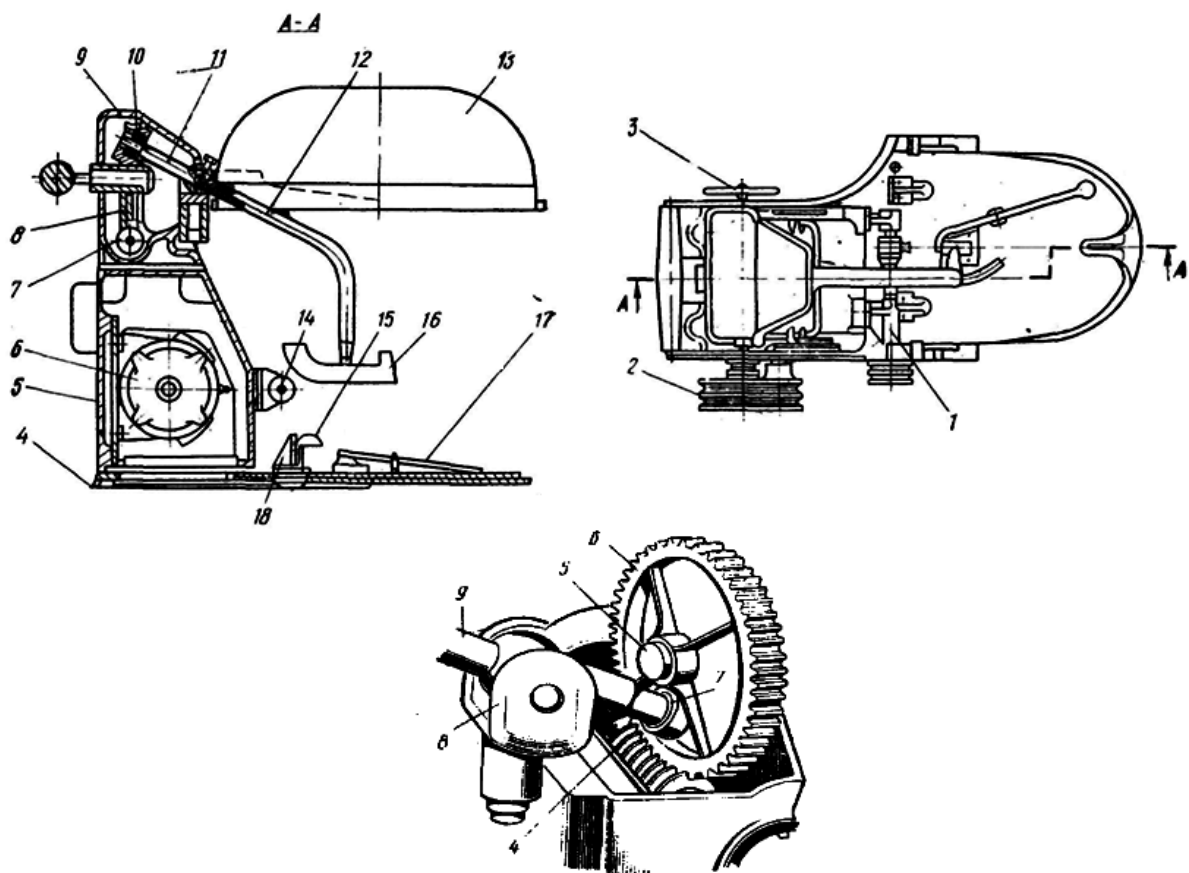


Рис. 1.5. Тістомісильна машина "Стандарт" з зображенням приводу вузла замішування:

1 - кронштейн; 2 - шків; 3 - штурвал; 4 - плита; 5 - корпус; 6 - електродвигун; 7 і 14 - черв'яки; 8 - черв'ячне колесо; 9 - притискний важіль; 10 - підшипник; 11 - місильний важіль; 12 - місильний орган; 13 - ковпак; 15 - запірня планка; 16 - лопать; 17 - ножний важіль; 18 – запірний кут.

Рух від електродвигуна передається через клинопасову передачу шківу 2 з диском, який виконує роль половини фрикційної муфти. Друга половина муфти насаджена на вал черв'яка 7. Муфта вмикається під час опускання ковплака 13 над діжею на час замісу тіста. Від шківа 2 рух передається через черв'як 7 і черв'ячне колесо 8 місильному органу 12. Одночасно з вала черв'яка 7 за допомогою клинопасової передачі передається обертання черв'яка 14, що входить у зачеплення з черв'ячною шестернею, прикріпленою до діжі.

Тістомісильна машина І8-ХТА-12/1 (рис. 1.6) це однокамерна машина з двома паралельними валами і Т-подібними місильними лопатями, що розміщені в напівциліндричних камерах, при цьому лопаті на валу заходять між лопаті іншого валу в між лопатевий простір. Вплив таких машин на тісто є більшим аніж в машин з одним валом. Апарат застосовується в основному для замісу пшеничного та житнього тіста.

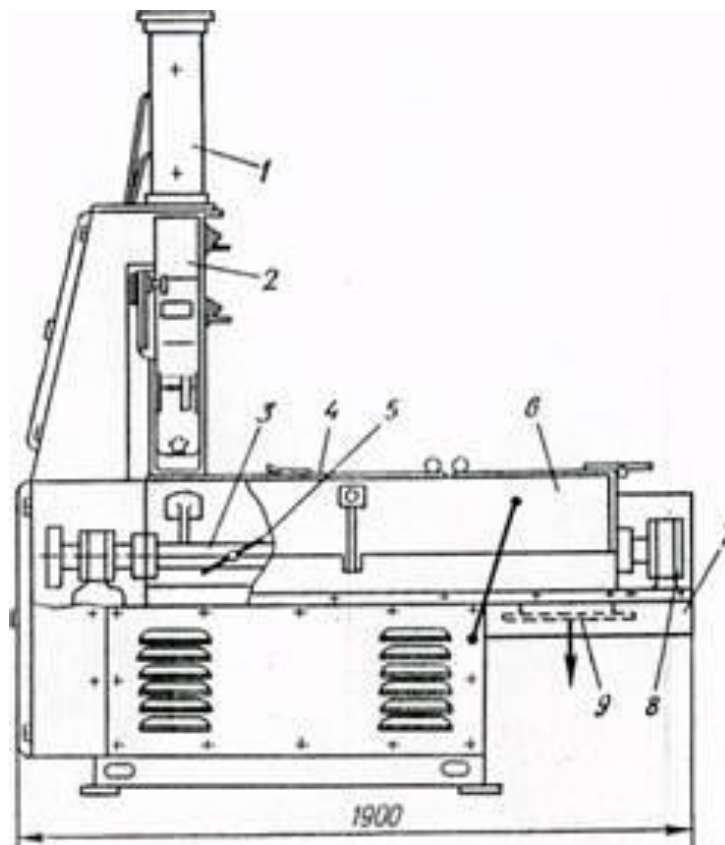


Рис. 1.6. Тістомісильна машина І8-ХТА-12/1:

1 – патрубок подачі борошна; 2 – дозатор борошна; 3 – місильні вали; 4 – кришка; 5 – місильна лопать; 6 – місильне корито; 7 – станина; 8 – підшипник; 9 – випускний патрубок

На станині апарату знаходиться корито для замішування тіста, корито складається з двох жолобів напівциліндричної форми. В кориті знаходиться патрубок який подає опару і рідкі компонентів, зверху є патрубок через який підключається борошневий дозатор та електроблокувальний пристрій з двома кришками.

Робота машини зображена на рис.1.7.

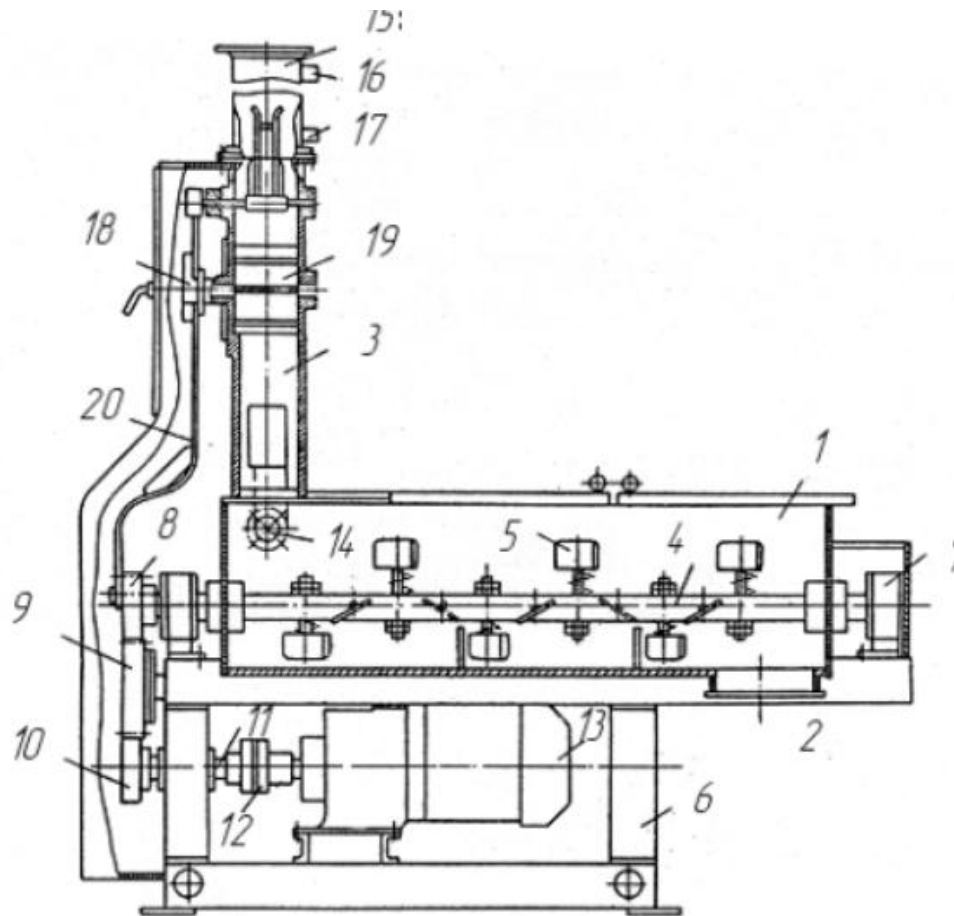


Рис. 1.7. Схема роботи тістомісильної машини І8-ХТА-12/1

Живильник (15) підтримує потрібний рівень борошна та оснащений датчиками (16) і (17). Поворот штанги здійснюється при обертанні храпового механізму (18) під час обертут вала (4) одночасно з обертанням турнікету (19) з борошневими кишнями. В цей час потрібна доза борошна поступає в корито (1) для подальшого замішування.

Рідкі, тверді та інші компоненти попадають в корито за допомогою труби (14). Переміщення тіста вздовж корита, відбувається за допомогою лопаток які розміщені під кутом до вала.

Перелік основних технічних характеристик тістомісильної машини І8-ХТА-12/1 вказана в (табл. 1.2).

Машина обладнана приводом з двома швидкостями, через який місильні вали можуть змінювати свою швидкість. Але в машині порушений один з основний замішувальних принципів, такий як обов'язкова варіативність частоти та інтенсивності замісу та різний час виконання роботи над тістом під час різноманітних операцій. Недоліком машини є незручність в експлуатації, за рахунок того що в ній передбачено лише ручне керування.

Таблиця 1.2.

Технічні характеристики тістомісильної машини І8-ХТА-12/1

Продуктивність, кг/год	1300
Місткість місильної камери, дм ³	240
Маса замішуваного тіста, кг	100
Частота обертання місильного вала, с ⁻¹	1-1,3
Потужність електродвигуна, кВт	4
Тривалість замісу, хв	12-15
Маса машини, кг	800

У разі появи шуму, удару, стуку машину одразу відключають, з'ясовують причини цих явищ і усувають їх.

В робочому процесі ретельно проходять перевірку такі деталі як підшипники що знаходяться на валу. Перевіряється ступінь ущільнення підшипників. Здійснюється контроль над тим щоб частинки тіста не могли

попасти на підшипники, оскільки цей фактор приводить до швидкого зносу, а в результаті виходу з ладу цих підшипників.

Перевірку проходить і якість кріплення місильних органів і їхнє коректне положення на валу.

При непередбачуваних обставинах під час роботи апарату, таких як збільшення рівня шуму, скрипіння частин апарату, простукувань та інших невластивих для нормальної роботи апарату звуках, машина негайно зупиняється, відключається від джерела живлення та відбувається перевірка технічного стану усіх компонентів машини.

1.2. Особливості конструкцій робочих органів обладнання для замішування тіста

В залежності від інгредієнтів тіста, таких як борошно та інших його компонентів, вплив на нього буде відрізнятися. Для впливу на тісто для подальшого запікання використовуються тістомісильні апарати.

Ці машини класифікуються за характером впливу на сировину. Поділяють їх на машини періодичної та безперервної дії. Апарати періодичної дії можуть бути сконструйовані у вигляді стаціонарних ємкостей (рис. 1.8) або ж бути в вигляді діжей, які підкочуються (рис. 1.9).

В залежності від інтенсивності впливу робочого органу, тістомісильні апарати можна поділити на 3 групи [3,8,18]:

- тихохідні, робочі органи не нагріваються під час роботи;
- швидкісні, сировина при замішуванні може нагріватися на 4-5 °С;
- надшвидкісні, потребують охолодження, оскільки тісто в них може нагріватися до температур в межах 17-20 °С.

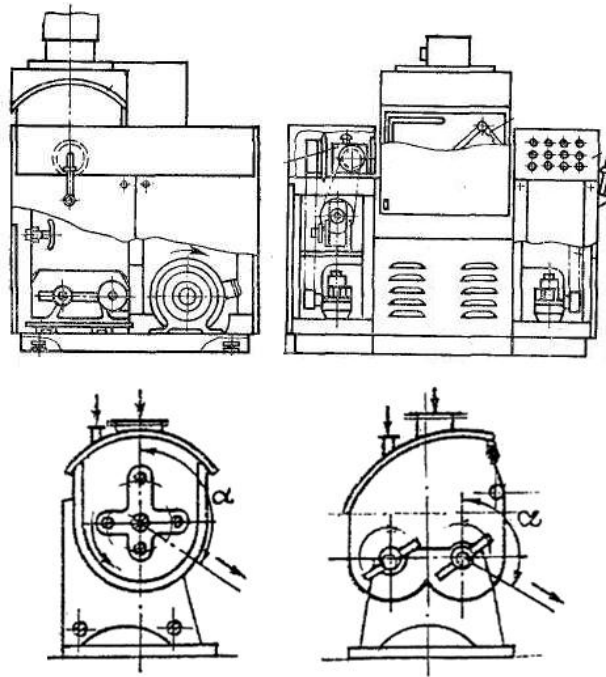


Рис. 1.8. Тістомісильні машини періодичної дії зі стаціонарними ємностями

Перелік різноманітних форм перемішувачів тістомісильних машин зображено на рис. (1.10.)

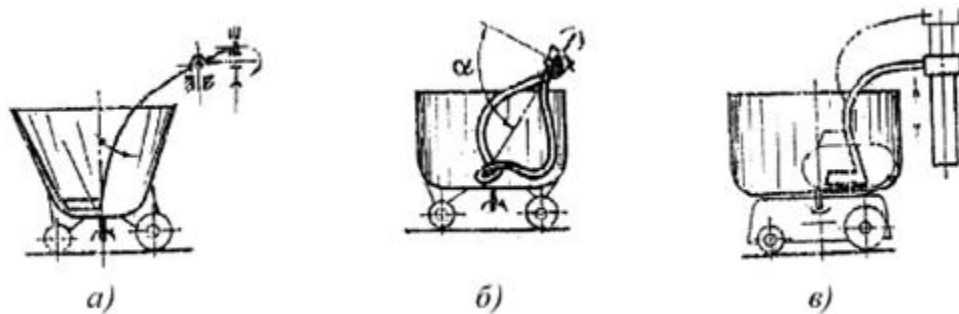


Рис. 1.9 Тістомісильні машини періодичної дії , що оснащені підкатними діжами:

а) з похилою віссю місильної лопаті; б) з похилою віссю місильної спіралеподібної лопаті; в) з місильною лопаттю, що робить криволінійний просторовий рух

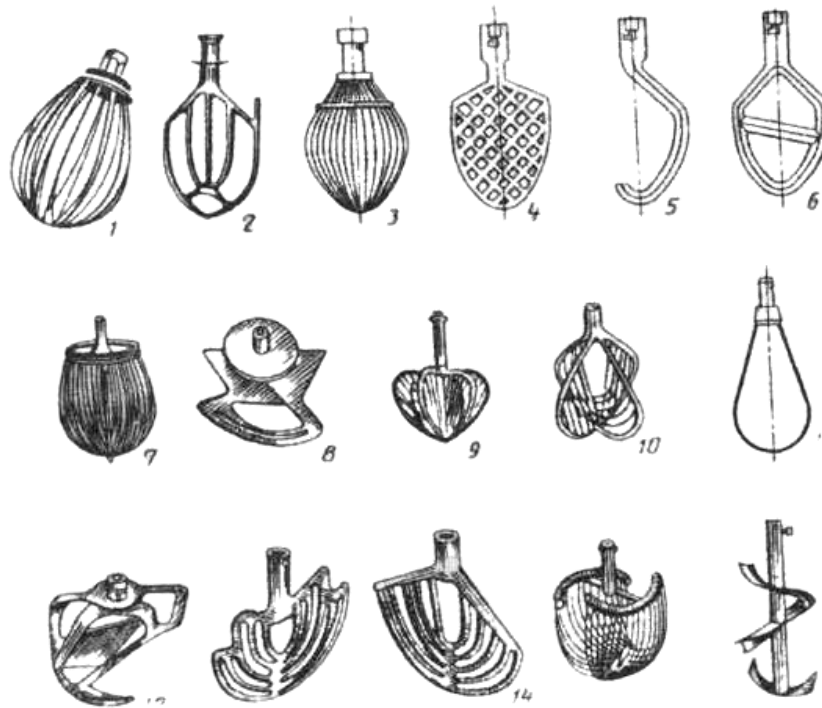
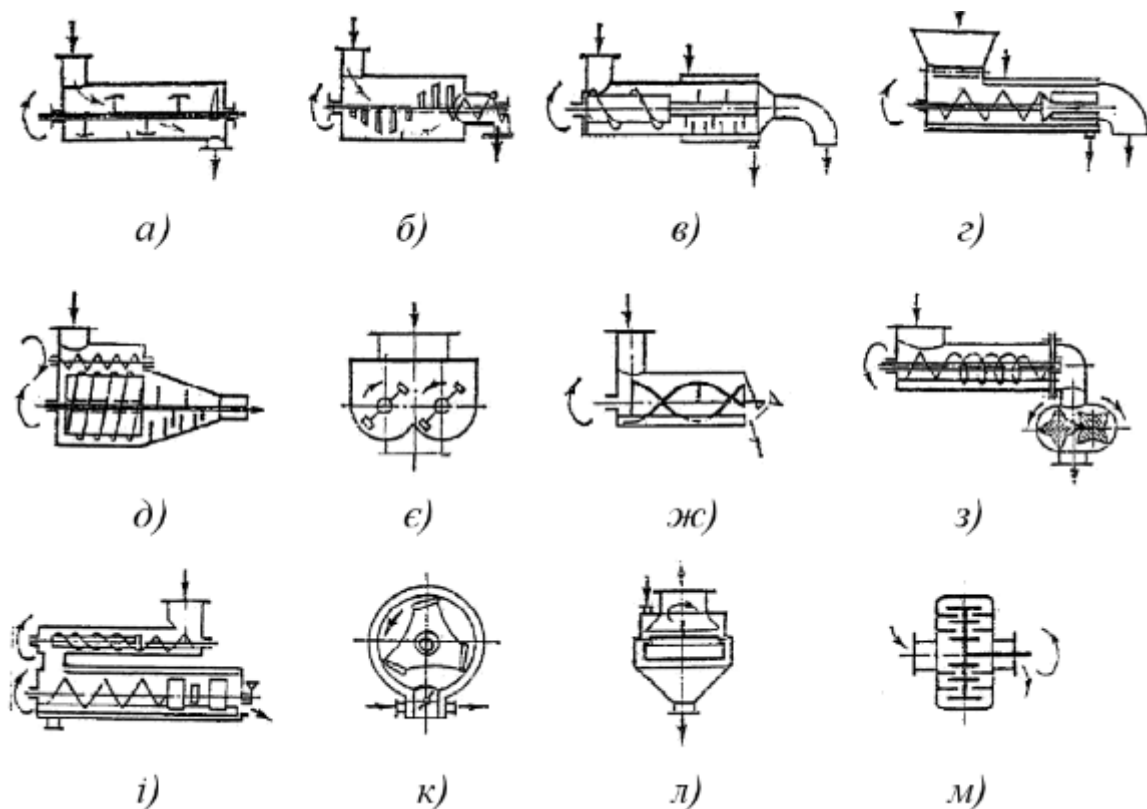


Рис. 1.10. Різноманітні форми перемішуючих органів тістомісильних машин

В залежності від кінетики руху робочого органу тістомісильні апарати діляться на машини з просторовим, обертовим, круговим, та плоским рухами робочого органу.

Відмінністю в порівнянні з машинами періодичної дії є те, що тістоміси безперервної дії оснащені нерухомою місильною ємністю. По конструкції виділяють певні модифікації таких апаратів, такі модифікації зображені на рис. 1.11 [5,9,18,19].



а - одновальна з Т - подібними місильними лопатями.

б - одновальна з трапецієподібними плоскими лопатями і гвинтовим шнеком.

в - одновальна зі змішувальним шнеком і радіальними циліндричними лопатками;

г - одновальна зі шнеком і дисковою діафрагмою з пластифікатором;

д - одновальна з шнековим барабаном і прямокутними місильними лопатками;

є - двовальна з місильними лопатками в формі літери Т.

ж - двовальна зі стрічкоподібними робочими органами.

з - двокамерна двохвальпа з лопатями в формі гвинта;

і - двокамерна двохвальпа (обладнана місильними кулачками та шнеками);

к - тістомісильна машина з трьохлопатеvim ротором;

л - машина з вертикальним циліндричним ротором;

м - машина з дисковим ротором та кільцевими виступами.

1.11. Технологічний опис процесу виробництва хлібобулочних виробів

1.3. Аналіз процесу замішування тіста

Існує два способи замішування хлібного тіста [7,8]:

1) Ручний заміс: Потрібно 10-30 хвилин, щоб досягти оптимальної структури клейковини шляхом багаторазового зминання та розтягування тіста. Для запобігання злипанню тіста можна додавати борошно, однак його надмірне додавання призведе до пересушування тіста і зробить його жорстким. На рис. 1.12 зображено процес ручного замішування тіста.



Рис. 1.12. Ручне замішування тіста

2) Механічний заміс: Займає 8-12 хвилин і є найефективнішим способом замішування борошняного тіста. Для цього використовується міксер/гак, встановлений на відповідній швидкості (об/хв). Якість замісу визначається за допомогою тесту на клейковину. На рис. 1.13 зображено процес механічного замішування тіста за допомогою спеціальних машин.



Рис. 1.13. Механічне замішування тіста

Замішування є третім з п'яти основних етапів замішування тіста. У хлібопекарській промисловості під замішуванням розуміється ряд етапів, які відповідають за перетворення борошна в тісто, в тому числі [11]:

1. Внесення інгредієнтів: змішування пшеничного борошна і води, а також дріжджів, солі, цукру та інших інгредієнтів.

2. Зволоження сухих інгредієнтів: поглинання води функціональними компонентами борошна (білками, крохмалем, пентозанами) призводить до утворення клейковини і подальшої пластифікації.

3. Заміс: розвиток клейковинних ниток, які поступово формують білкову структуру або матрицю за рахунок зв'язування гліадину і глютенінів між собою.

4. Аерація тіста: введення в тісто повітря у вигляді бульбашок газу і поділ існуючих повітряних комірок.

5. Температура тіста: під час механічного замісу відбувається значне тертя між тістом і діжею, що призводить до незначного прогрівання тіста.

В залежності від необхідних рецептурних властивостей сировини використовуються різні режими замішування з одночасним насиченням тіста повітрям.

При цьому в процесі замішування відбувається поглинання вологи білками борошна, компоненти які не розчиняються у воді (глютелін і гліадин) при цьому утворюють клейковину, яка зв'язує сусідні білки, в результаті чого вихідна структура тіста зміцнюється, а в'язкість та липкість зменшуються.

В виробництві тісто проходить замішування в три стадії [3,5]:

- змішування між собою компонентів тіста у різних фазах;
- заміс тіста, при якому вологі борошняні частинки дифузують між собою. Борошняні компоненти розчиняються а надлишок вологи поглинається білками глютеніном та гліадином, всі інші білки перетворюються в гель після набухання.

Швидкість замісу залежить від того які у борошна будуть властивості та наскільки дрібними є крохмальні зерна. Супутні впливи виникають при зміні температури навколишнього середовища або ж від додавання різноманітних додаткових рецептурних компонентів.

Внаслідок поглинання надмірної кількості вологи білки збільшують свій об'єм до такої міри що утворюється клейковинний скелет.

Значна частина енергія приводу тістомісильного апарату витрачається на заміс тіста та для подолання зсувного зусилля яке виникає при переміщенні тіста з підвищеною швидкістю.

Поліпептидні молекули в формі спіралі розпадаються, в наслідок чого змінюється структура білків та виникає клейковинна плівка [11,13].

Для подальшого процесу пластифікації зростає потреба в збільшенні механічної дії на тісто, завдяки чому молекули клейковини руйнуються а структура тіста стає рівномірною.

1.4. Опис технологічної та апаратурної схеми обладнання для виробництва хліба

В кваліфікаційній роботі було розроблено технологічну схему (рис. 1.14) виробництва тістових заготовок в діжі ємністю 330 літр, для виробництва різноманітних хлібобулочних виробів. Технологічна схема описує послідовність та необхідні етапи в виготовленні хлібобулочних виробів на підприємстві.



Рис. 1.14. Схема технологічного процесу виробництва тістових заготовок

Згідно з розробленою технологічною схемою для приготування хлібобулочних виробів необхідно в першу чергу підібрати необхідні інгредієнти (борошно, вода). Інгредієнти дозують згідно з необхідною кількістю готової продукції.

Далі інгредієнти опари ручним завантаженням поміщають в тістоміс в потрібних пропорціях для замішування необхідної партії тіста.

В тістомісі за допомогою електричного перемикача тістоміс приводиться в дію.

В тістомісі відбувається замішування тіста. Місильна лапа яка приводиться в рух за допомогою електродвигуна на якому міститься подвійний клинопасовий шків здійснює періодичний рух по криволінійній траєкторії з дотриманням необхідного періоду витримування тіста, заміс відбувається

протягом необхідного часу (для діжі ємністю 330 л заміс відбувається приблизно 10 хвилин).

Під час замішування місильна лапа перебуває близько до стінок діжі, яка також обертається на окремому приводі.

При закінченні замісу МО зупиняється, після чого згодом діжа рухається до тих пір поки упор не доторкнеться до вимикача та діжа не зупиниться. Після зупинки діжа в зручному положенні викочується вручну по напрямляючим місильного стола.

Далі тісто в діжі поступає в тістоділильну машину, де сформована маса ділиться на шматки (рис. 1.16).

Після поділу сформовані заготовки подаються в піч, кількість заготовок, яка одночасно запікається залежить від продуктивності печі. Час випікання підбирається в залежності від вибраної технології виготовлення, яка залежить від відсоткового вмісту необхідних інгредієнтів, які передбачені вибраною рецептурою. Опис принципу дії потокової лінії виробництва хліба зображено на рисунку 1.15.

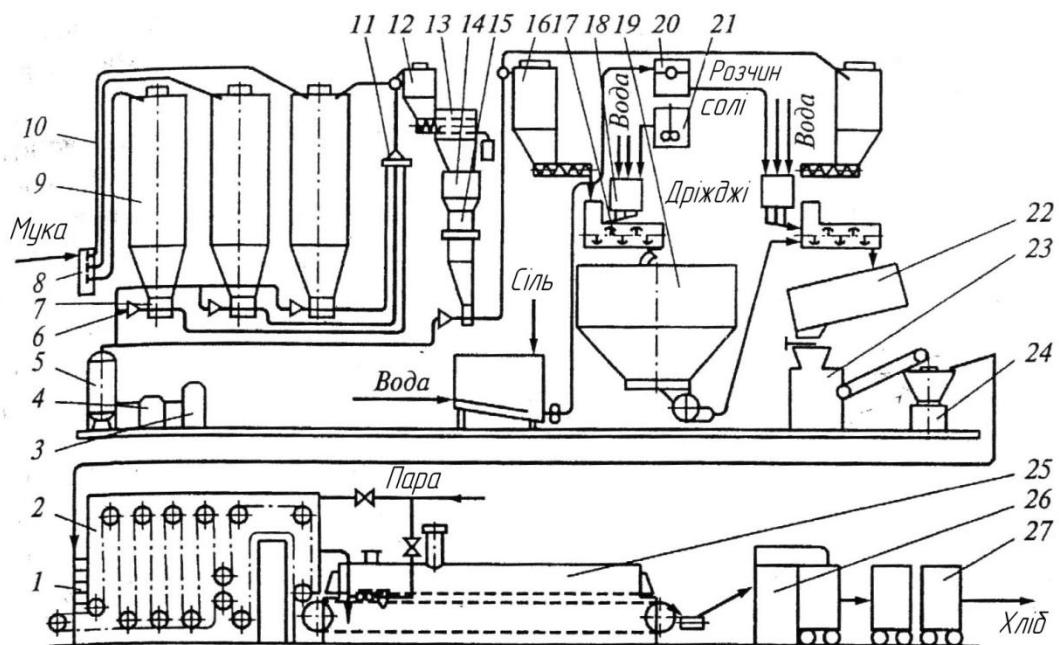


Рис. 1.15. Машинно-апаратурна схема виготовлення хліба на виробництві

Борошно доставляється на хлібозавод в спеціальних муковозах, які з один раз можуть прийняти до 7...8 т борошна. На хлібзаводі муковоз проходить зважування на спеціальних вагах для автомобілів та поступає під розвантажування. Приймальний щиток 8 приєднаний до повітряного компресора та гнучкого шлангу задіюється при розвантаженні муковоза.

В трубах 10 створюється тиск за допомогою якого борошно яке знаходиться в муковозі подається для зберігання в силоси 9.

В ємності 20 та ємності 21 зберігається додаткова сировина в вигляді сольового розчину та дріжджової емульсії. На спеціалізованому устаткуванні попередньо готується розчин солі.

В процесі роботи технологічної лінії з силосів 9 борошно вивантажується в бункер 12. Паралельно використовується транспортна система яка включає в себе ресивер 5, труби, компресор 4 та повітряний фільтр 3.

Перемикачі 11 та роторні живильники 7 контролюють витрати борошна в усіх силосах.

Ультразвукові сопла 6 встановлюються навпроти живильників для того щоб стиснене повітря розподілялось рівномірно не залежно від режиму роботи.

Лабораторія з виробничих питань задає значення витрат борошно в силосах 9 на базі виготовлених зразків хліба або ж різних видів борошна.

Замішування різних видів борошна дає можливість змінювати та корегувати різні властивості борошна яке надходить на виробництво.

Суміш виготовленого за рецептурою борошна відправляють на очистку від лишніх домішок в просію вальному апараті 13, що оснащений вловлювачем частинок за допомогою магнітного поля. Далі очищена суміш завантажується в бункер проміжного типу 14 та на вагу з автоматичним зважуванням 15, в силоси виробничого типу.

Далі рецептурну суміш борошна очищають від сторонніх домішок на просіювачі 13, оснащеному магнітним уловлювачем, і завантажують через проміжний бункер 14 і автоматичні ваги 15 у виробничі силоси 16.

В лінії зображеній на рис. 1.15. для того щоб в кінцевому результаті отримати хлібу задовільної якості застосовується спосіб приготування що складається з двох фаз.

В першій фазі в тістомісі 17 замішують приготовану опару. З силосу 16 борошно яке поступає в тістоміс дозується в потрібній кількості з паралельним додаванням води та дріжджової емульсії через станцію дозування 18 [5,6].

Частка використаного для замішування опари борошна коливається від 40 до 75% від наявної його кількості. Вивантажують опару з машини-вивантажувача 17 в агрегат бункерного типу 19 який оснащений шістьма секціями.

На протязі 3...4,5 годин після того як опара вибродила вона подається на дозування в інший тістоміс наприклад (Т1-ХТА). Одночасно з цим додаються залишки невикористаного борошна, розчину солі та води. Після того як в ємності для тіста 22 воно бродить 0,5...1 год. друга фаза приготування завершується.

З ємності для тіста 22 вже приготоване тісто стікає в лійку апарату для розподілення тіста 23, що служить для отримання однакових за масою порцій приготованого тіста.

Після обробки порцій тіста в округлювальній машині 24 утворюються тістові заготовки кулястої форми, які за допомогою маятникового укладальника 1 розкладають у комірки кошиків вистійної шафи 2.

Вистоювання тістових заготовок проводиться протягом 35... 50 хв. За відносної вологості повітря 65...85 % і температурі 30...40 °С у результаті бродіння структура тістових заготовок стає пористою, об'єм їх збільшується в 1,4... 1,5 раза, а щільність знижується на 30...40 %. Заготовки набувають рівної гладкої еластичної поверхні. Для запобігання виникненню під час випікання тістових заготовок тріщин-розривів верхньої кірки в момент перекладання заготовок на під печі 25 їх піддають надрізанню або наколці.

На вхідній ділянці пекарної камери заготовки 2...3 хв піддаються гігротермічній обробці зволожувальним пристроєм за температури 105... 110 °С [1,7].

На середній і вихідній ділянцях пекарної камери заготовки випікають при температурі 200...250 °С. У процесі руху з подом печі тістові заготовки послідовно проходять усі теплові зони пекарної камери, де випікаються за проміжок часу від 20 до 55 хв, що відповідає технологічним вимогам на вид хліба, що випускається.

Випечені вироби за допомогою укладальника 26 завантажують у контейнери 27 і направляють через уривчасте відділення в експедицію.



Рис. 1.16. Тістоділильні машини різних марок

Після випікання заготовки виймають з печі, готові вироби охолоджуються за допомогою природної вентиляції (вистоювання). Далі готові вироби ділять на партії та відправляються на склад.

Зі складу готові хлібобулочні вироби відправляють в торгові мережі до кінцевого споживача.

1.5. Аналіз та короткий опис об'єкту дослідження

Тістомісильна машина Т1-ХТА яка є об'єктом дослідження в даній кваліфікаційній роботі зображена на рис. 1.17 має відмінності в порівнянні з тістомісильною машиною типу «Стандарт», такі як те, що плита на якій розміщена діжа приводиться в рух приводом діжі за допомогою черв'ячного вінця. Для покращення процесу замісу пропонується змінити форму та розміри тістомісильної лопаті. Для дослідження пропонується використати програмний комплекс SolidWorks, за допомогою якого можна перевірити напруження модернізованого місильного органу.

Діжа під час роботи апарату поступає на поворотний стіл, після чого центрується і закріплюється фіксуючою засувкою. [8,14].

Після цього кришка закривається, діжу завантажують а привід машини вимикають. По завершенню замішування кришку підіймають Фрикційна муфта що розміщена на валу вимикається, її привід гальмується, стіл на якому розташована діжа обертається доти, доки упор на плиті не доторкнеться до вимикача, що вимикає електричний двигун. Діжа зупиняє рух в тому положенні, яке є зручним для її відкачування. Ноговою педаллю фіксатор звільняється а діжа відкочується в сторону.



Рис. 1.17. Загальний вигляд тістомісильної машини "Т1-ХТА"

Тістомісильна машина марки Т1-ХТА призначена для замісу опари і тіста з пшеничного і житнього борошна в підкатних діжах.

Особливістю роботи ТМ періодичної дії з підкатними діжами є те, що перед замісом у діжу завантажують певну порцію компонентів; діжу підкочують і фіксують на фундаментному майданчику тістомісильної машини. Після замісу діжу з тістом відкочують у камеру бродіння, де відбувається його дозрівання протягом кількох годин. До машини в цей час підкочується наступна діжа, і цикл повторюється. На одну місильну машину припадає від 5 до 12 діж, залежно від продуктивності лінії.

Застосовується на підприємствах хлібопекарської промисловості малої та середньої потужності для вироблення широкого асортименту хлібобулочних виробів.

Машину виготовляють за 3 категорією, ГОСТ 15150-68, у кліматичних виконаннях: У - для внутрішнього ринку і на експорт у країни з помірним кліматом і Т - для експорту в країни з тропічним кліматом. Технічні характеристики тістомісильної машини Т1-ХТА представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3.

Технічні характеристики тістомісильної машини Т1-ХТА

Продуктивність, т/добу	20
Тривалість замісу однієї порції, хв	6...10
Місткість діжі, м ³	0,33
Кількість хитань місильного органу за	24
Частота обертання діжі, с ⁻¹ (об/хв)	0,108(8,5)
Габаритні розміри, мм:	
довжина	1820
ширина	1280
висота	1660
Маса, кг	800
Маса діжі, кг	80

Тістомісильна машина марки Т1-ХТА (рис. 1.18) складається з фундаментної плити 1, станини 3, приводної голівки 9, ковпака 11, місильного важеля 12, огорожі та шафи управління.

У фундаментній плиті змонтовано два черв'ячні редуктори 2 і 14. На вихідній шийці вертикального вала редуктора 14 насаджений стіл 15, який має напрямні для наочування і центрування діжі, блок-стійку з фіксатором і педалью 16 для фіксації діжі, і упорні кронштейни 13. Під час роботи стіл обертається разом із діжею.

У станині на підмоторній плиті 5 встановлено двигун 4. Для натягу ременів служить болт 6.

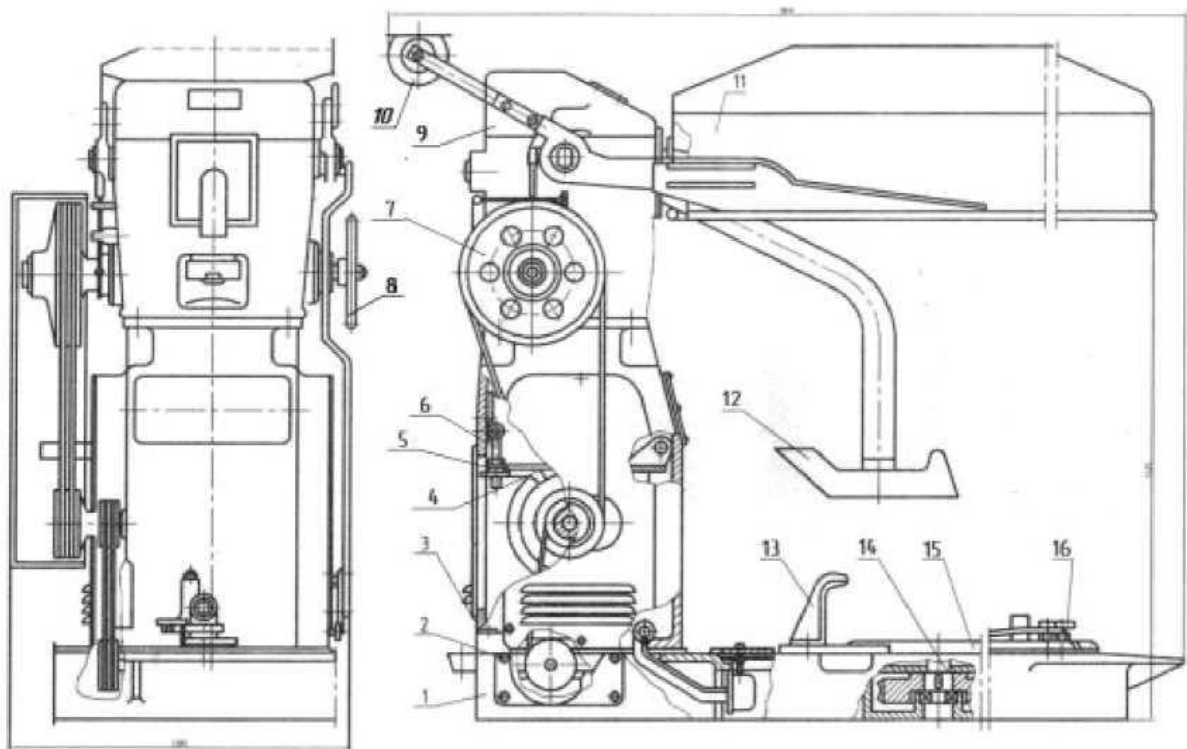


Рис. 1.18. Схема тістомісильної машини Т1-ХТА:

1 - фундаментна плита, 2, 14 - черв'ячний редуктор, 3 - станина, 4 - двигун, 5 - підмоторна плита, 6 - болт для натягу ременів, 7 - клиноремінний шків, 8 - знімний штурвал, 9 - приводна голівка, 10 - противага, 11 - ковпак, 12 - місильний важіль, 13 - упорні кронштейни, 15 - стіл, 16 – педаль.

У приводній голівці змонтований черв'ячний механізм приводу

місильного важеля. Обидва кінці вала черв'яка приводної головки виходять назовні. На правий кінець вала надягають знімний штурвал 8 для виведення місильного важеля з діжі, на лівому - встановлюють клиноремінний шків 7 з конічною розточкою фрикційної муфти.

Черв'ячний редуктор 2 служить для передачі обертання від двигуна до черв'ячного редуктора 14.

До приводної голівки шарнірно прикріплений ковпак із противагою 10. З важелями ковпака пов'язані механізм управління фрикційною муфтою і кінцевий вимикач зупинки столу в заданому положенні.

Для замісу тіста діжу наочують на стіл і закріплюють за допомогою фіксаторів, при цьому дверцята огорожі закривають. Після подачі в діжу компонентів, необхідних для замісу, і опускання ковпака вмикається фрикційна муфта.

Після увімкнення машини МВ приводиться в рух криволінійною траєкторією, близькою до внутрішньої поверхні діжі, а стіл разом із діжею рівномірно обертається, що забезпечує гарний підмішування тіста. Після закінчення замісу тіста ковпак піднімають догори, фрикційна муфта вимикається, черв'як приводної головки загальмовується. Стіл продовжує обертатися доти, доки упор не штовхне кінцевий вимикач і не зупиниться двигун.

Стіл зупиняється в положенні, зручному для викочування діжі. Якщо місильний важіль перебуває в діжі, його виводять, обертаючи штурвал. Потім відчиняють дверцята огорожі і викочують діжу, натиснувши ногою на педаль фіксатора.

Заміс тіста здійснюється в робочій камері тістомісильної машини впродовж 6-10 хв унаслідок ретельного перемішування компонентів і механічного його опрацювання, яке суттєво впливає на структуру та властивості тіста, інтенсивність його дозрівання і якість готового продукту.

Підвищити інтенсивність замісу можна завдяки зміні конфігурації місильної лопаті, наприклад у вигляді спіралі, Ф- або Г-подібного важеля.

1.6. Мета та задачі кваліфікаційної роботи

Метою даної кваліфікаційної роботи є покращення процесу замішування тіста в тістомісильному апараті Т1-ХТА шляхом модернізації вузла замішування, а саме зміна конструкції місильної лопаті. Це забезпечить покращення вихідних властивостей тіста після замішування, збільшення рівномірності структури замішаного тіста, що в результаті повинно позитивно вплинути на якість кінцевого продукту. Від ефективності процесу замішування тіста в значній мірі залежить ефективність всього технологічного процесу виготовлення хліба.

Модернізація місильного органу тістомісильної машини Т1-ХТА необхідно здійснити шляхом зміни форми місильної лопаті таким чином, щоб покращити реологічні властивості тіста та збільшити надійність а в наслідок довговічність місильного органу та машини загалом.

Забезпечення надійного та якісного замісу робить виробництво хлібобулочних виробів на підприємстві ефективним та конкурентноспроможним.

2. Вибір методу та способу дослідження. Модернізації обладнання для замісу тіста

2.1. Опис програмного забезпечення для моделювання модернізованого місильного органу

Завдання яке поставлено в даній кваліфікаційній роботі є дослідження моделі вузла замішування тістомісильної машини Т1-ХТА з метою покращення технології виготовлення хліба.

Програмним рішенням, що дозволяє вирішити дану задачу є система автоматизованого проектного моделювання SolidWorks. В даний пакет включено додатковий пагін Simulation, за допомогою якого буде проводитися дослідження впливу модернізованого місильного органу на процес замішування тіста.

SolidWorks (солідворкс, від англ. solid - тверде тіло і англ. works - працювати) - програмне забезпечення САПР для впровадження автоматизації в промислові процеси моделювання конструкторських та технологічних рішень в процесі виробництва. Даний програмний комплекс передбачає розробку деталей, вузлів та готових виробів різного ступеня складності та кінцевого призначення.

Програмний комплекс розроблено компанією SolidWorks Corporation для операційної системи Microsoft Windows. Компанія, була створена Джоном Гірштіком [1], в 1997 році вона стала окремим самостійним підрозділом компанії Dassault Systemes (Франція).

Розробка комплексу почалась у 1993 році, її продаж стартував у 1995 році [8]. SolidWorks склав конкуренцію відомим на той час продуктам як, AutoCAD, Компас 3D та програмі Pro/ENGINEER. SolidWorks належить до САПР, яка має у собі повну підтримку твердотільного моделювання а також першою САПР, яка підтримує цю функцію в ОС Windows.

Ядром для SolidWorks є спеціально розроблене ядро Dassault Systemes з кодовою назвою Parasolid.

Вирішувані завдання [3,9]:

- Конструкторська підготовка виробництва (КПП);
- 3D-моделювання виробів будь-якої складності, включаючи як і деталі, так і готові вироби;
- Створення у відповідності до ДСТУ усього необхідного переліку документації, детальна перевірка на відповідність існуючих проектів;
- Промисловий дизайн;
- Зворотна розробка;
- Проектування комунікацій (електроджгути, трубопроводи тощо) ;
- Аналіз інженерних характеристик машин та механізмів, таких як міцність, надійність, гідродинаміка, напруження, аналіз деформацій та ін..)
- Швидкий аналіз технологічності деталей та виробів на етапі їхнього моделювання;
- Підготовка даних для ІЕТР;
- Управління даними та процесами на етапі КПП;
- Технологічна підготовка виробництва (ТПП) ;
- Проектування оснащення та інших засобів технологічного оснащення;
- Аналіз технологічності конструкції виробу;
- Аналіз технологічності процесів виготовлення (лиття пластмас, аналіз процесів штампування, витяжки, згинання тощо) ;
- Розроблення технологічних процесів за ЄСТД;
- Матеріальне і трудове нормування.

Механічна обробка: розробка керуючих програм для верстатів з ЧПК, верифікація УП, імітація роботи верстата. Фрезерне, токарне, токарно-фрезерне та електроерозійне оброблення, лазерне, плазмове та гідроабразивне різання, вирубні штампи, координатно-вимірювальні машини.

Склад комплексу [11,14]:

– Програмний комплекс SolidWorks включає базові конфігурації SolidWorks Standard, SolidWorks Professional, SolidWorks Premium, а також різні прикладні модулі;

- Управління інженерними даними: SolidWorks Enterprise PDM;
- Інженерні розрахунки: SolidWorks Simulation Professional, SolidWorks, Simulation Premium, SolidWorks Flow Simulation;
- Електротехнічне проєктування: SolidWorks Electrical;
- Розробка інтерактивної документації: SolidWorks Composer;
- Механообробка, ЧПУ: CAMWorks;
- Верифікація УП: CAMWorks Virtual Machine;
- Контроль якості: SolidWorks Inspection;
- Аналіз технологічності: SolidWorks Plastics, DFM тощо;
- Безкреслярні технології: SolidWorks MBD та ін.

Сімейство додаткових модулів інженерного аналізу включає [7,19,20]:

– SolidWorks Simulation - Розрахунок на міцність конструкцій (деталей і збірок) у пружній зоні. Входить до базової конфігурації SolidWorks Premium.

– SolidWorks Simulation Professional - Розрахунок на міцність конструкцій у пружній зоні, постановка і розв'язання контактних задач, розрахунок збірок; визначення власних форм і частот коливань, розрахунок конструкції на стійкість, втомні розрахунки, імітація падіння, теплові розрахунки. Оптимізація параметрів моделі SolidWorks Motion: комплексний динамічний і кінематичний аналіз механізмів, визначення швидкостей, прискорень і взаємних впливів елементів системи.

– SolidWorks Simulation Premium - Нелінійні розрахунки: врахування нелінійних властивостей матеріалу, нелінійного навантаження, розрахунок нелінійних контактних задач; аналіз втомних напружень і визначення ресурсу конструкцій. Лінійна і нелінійна динаміка деформівних систем. Оптимізація параметрів моделі. Розрахунок багатошарових композиційних оболонок. Включає функціональність SolidWorks Simulation Professional.

Сімейство додаткових модулів із газо/гідродинамічних розрахунків. Включає:

- SolidWorks Flow Simulation - моделювання течії рідин і газів, управління розрахунковою сіткою, використання типових фізичних моделей рідин і газів, комплексний тепловий розрахунок, газо- і гідродинамічні та теплові моделі технічних пристроїв, нединамічний і нестационарний аналіз, розрахунок обертових об'єктів, експорт результатів у SolidWorks Simulation. [9,10]

- Flow Simulation Electronic Cooling Module - додатковий модуль Flow Simulation, але призначений для розрахунку теплових процесів в електронних пристроях. Включає: розширена база даних щодо віртуальних вентиляторів, термоелектричних охолоджувачів (елементи Пельтьє), дворезисторних компонентів. Імітація протікання постійного струму і джоулевого нагріву постійним струмом, моделі дворезисторних компонентів, теплових трубок, друкованих плат, що складаються з багатьох шарів.

- SolidWorks Flow Simulation HVAC Module Add-In - додатковий модуль SolidWorks Flow Simulation для розрахунку систем вентиляції, опалення та кондиціонування. Включає: розширена база даних за будівельними матеріалами та вентиляторами; уточнена модель теплообміну випромінюванням з урахуванням відбиття, заломлення та спектральних характеристик; розрахунок параметрів комфорту: середньої прогнозованої оцінки, допустимої кількості незадоволених, середньорадіаційної температури та ін.

2.2. Структурний аналіз тістомісильного апарату T1-ХТА

Привід діжі та місильного органу приводиться в рух за допомогою електродвигуна, що під'єднаний по схемі, що зображена на рисунку 2.1

Місильна лопать є найбільш важливим елементом тістомісильної машини в процесі замісу тіста. Геометричні показники лопаті прямо впливають на якість та протікання процесу замішування.

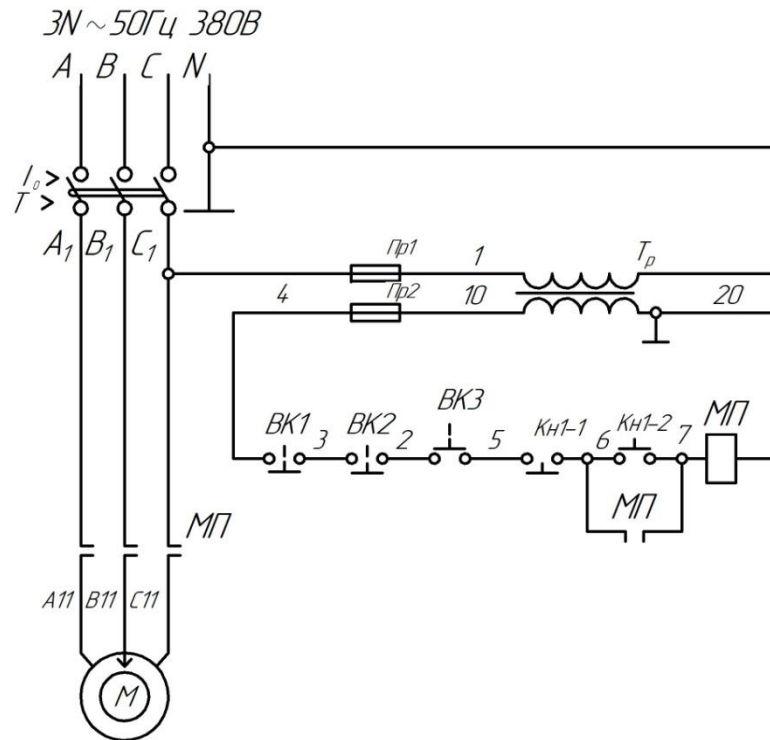


Рис. 2.1. Електрична схема тістомісильної машини Т1-ХТА

Кінематична схема машини марки Т1-ХТА представлена на рис. 2.2. Крутний момент, що передається від електродвигуна 1, за допомогою пасової передачі, передається на шків 4 планетарного редуктора з двома зовнішніми зачепленнями.

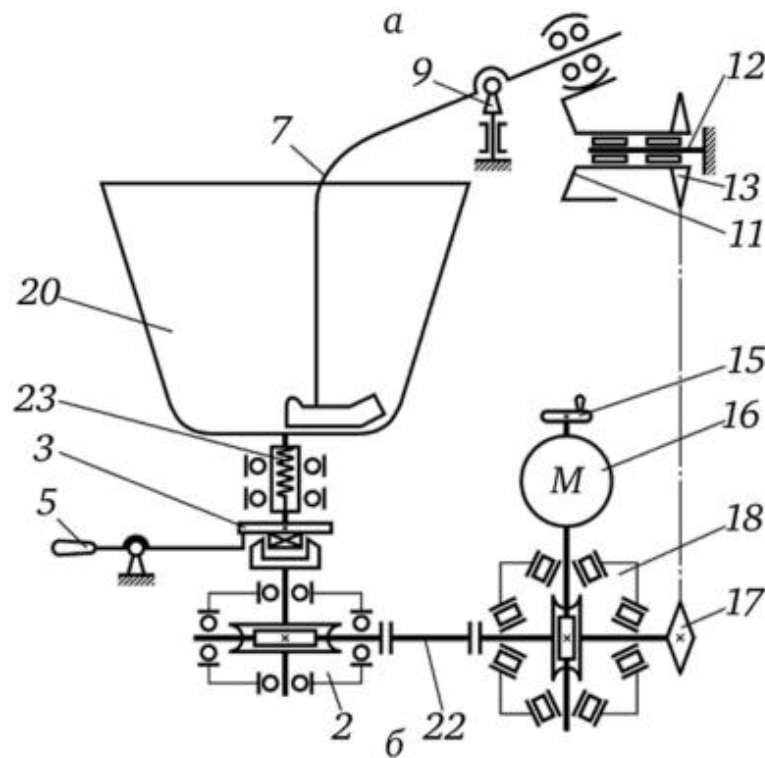


Рис. 2.2. Кінематична схема роботи тістомісильної машини Т1-ХТА

Центральне (сонячне) колесо 11, встановлене на одному валу зі шківом 4, приводить в обертання сателіт 8, що здійснює епіциклічний рух відносно сонячного колеса. Зуби малого планетарного колеса 7 входять у зачеплення з центральним нерухомим колесом редуктора 12 (рис. 2.2). Водилом у планетарному редукторі є рухомий корпус редуктора 9.

Частота обертання вала електродвигуна - $n_{\text{дв}} = 985 \text{ об/хв}$ ($f_{\text{дв}} = 16,5 \text{ Гц}$).

2.3. Модернізація місильного органу тістомісильної машини Т1-ХТА

Проблема що вирішується в процесі модернізації полягає в пошуку оптимального рішення в підборі геометричних показників лопаті, її режиму роботи. В результаті підбору та моделювання процесу навантаження зменшиться площа застійних зон.

За допомогою комплексу SolidWorks було обрано різні варіанти конструкції робочого органу, серед яких було обрано найбільш оптимальний варіант (рис. 2.3), який разом з місильною діжею перебувають в положенні (Рис. 2.4). Частота коливань місильної лапи залежить від режиму роботи тістоміса



Рис. 2.3. 3D модель модернізованої лопаті тістомісильної машини Т1-ХТА

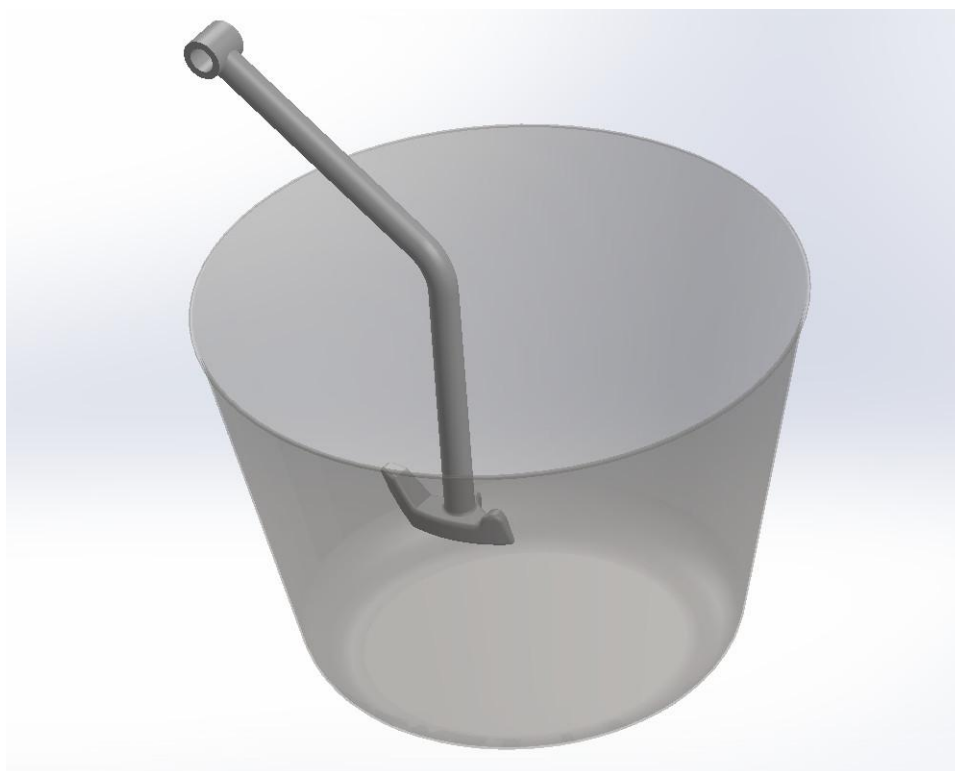


Рис. 2.4. 3D модель модернізованої лопаті тістомісильної машини Т1-ХТА в
компонуванні з підкатною діжею Т1-ХТ2

3. Розрахунок вихідних параметрів обладнання

3.1. Розрахунок продуктивності тістомісильної машини Т1-ХТА

Продуктивність тістомісильної машини з періодичним принципом дії Π , кг/с:

$$\Pi = \frac{\lambda \cdot V \cdot \rho}{(\tau_3 + \tau_B)}, \quad (3.1)$$

де λ - коефіцієнт діжі (використання її об'єму) ($\lambda = 0,45 \dots 0,65$);

τ_3 - час здійснення додаткових операцій, с ($\tau_B = 120 \dots 150$ с).

Розраховуємо продуктивність при замісі в стандартній діжі, $V = 0,33 \text{ м}^3$ за формулою 3.1 [8]:

$$\Pi = \frac{0,5 \cdot 0,33 \cdot 110}{(600 + 120)} = 0,252 \text{ кг/с},$$

$$\Pi = 0,252 \text{ кг/с} = 21,8 \text{ т/добу}.$$

Під час замісу в стандартній діжі за однакових параметрів замісу продуктивність збільшиться порівняно із заданою на 9 %.

3.2. Визначення споживаної потужності

Споживана потужність тістомісильної машини може бути розрахована за формулою:

$$N = \frac{(N_1 + N_2)}{\eta}, \quad (3.2)$$

де N_1 - потужність, необхідна для замісу тіста лопаттю, Вт;

N_2 - потужність, необхідна для обертання діжі, Вт;

η - ККД. передавального механізму (для Т1-ХТА - ККД великого черв'ячного редуктора і підшипників).

$$N = \frac{N_{\text{л}}}{\eta_1} \quad (3.3)$$

де $N_{\text{л}}$ - потужність, що потрібна для роботи робочого органу з лопаттю, Вт;

η_1 - ККД передавального механізму місильного важеля з лопаттю.

$$N_{\text{л}} = N_1' + N_2' \quad (3.4)$$

де N_1' - потужність, яка залежить від сили опору лопаті при її опусканні в тісто, в

горизонтальній площині діжі, Вт;

N_2' - потужність, що затрачається на підйом певного об'єму тіста під час виходу лопаті з маси тіста.

$$N_1' = c_0 F_{\text{л}} r_{\text{вп}} w_{\text{л}} \quad (3.5)$$

тут c_0 - тиск, з яким лопать діє на тісто під час замішування (пластифікації), Н/м²;

$F_{\text{л}}$ - площа місильної лопаті, м²;

$r_{\text{вп}}$ - радіус окружності, якою рухається лопать (основа конуса, утвореного під час обертання лопаті), м;

$w_{\text{л}}$ - кутова швидкість лопаті, с⁻¹.

$$N_1' = 10,5 \cdot 10^4 \cdot 1,4 \cdot 10^{-2} \cdot 0,28 \cdot 2,7 = 1100 \text{ Вт}$$

$$N_2' = G_{01} r_{ep} w_l \quad (3.6)$$

де $G_{01} = G_T + G_L$ - відповідно маса тіста, що захоплюється лопаттю під час підйому вгору, і маса власне лопаті.

$$G_T = K \lambda F_l H p g \quad (3.7)$$

де K - коефіцієнт лобового опору (залежить від співвідношення частоти обертання

лопаті й діжкі);

λ - коефіцієнт захоплення тіста лопатою, залежить від в'язкості й липкості тіста;

H - висота підйому тіста лопатою, дорівнює радіусу обертання лопаті, м;

p - насипна маса тіста, кг/м³;

g - прискорення сили тяжіння, м/с².

$$G_T = 7 \cdot 1,25 \cdot 0,7 \cdot 10^{-2} \cdot 0,28 \cdot 900 \cdot 9,8 = 15,45 \text{ Н}$$

$$N_2' = (15,45 + 10) \cdot 0,28 \cdot 2,7 = 19 \text{ Вт}$$

$$N_1 = \frac{1100 + 19}{\eta_1} = \frac{1119}{0,93} = 1203,2 \text{ Вт}$$

$$\eta_1 = \eta_n \eta_{ck} \eta_{y,n} = 0,995^2 \cdot 0,985^2 \cdot 0,97 = 0,93 \quad (3.8)$$

де η_n - ККД підшипників кочення ланцюгової передачі ($\eta_n = 0,995$);

η_{ck} - ККД підшипників ковзання місильного важеля ($\eta_{ck} = 0,985$);

$\eta_{y,n}$ - ККД ланцюгової передачі ($\eta_{y,n} = 0,97$).

$$N_2 = \frac{N_{\partial}}{\eta_2} \quad (3.9)$$

де N_{∂} - потужність, яка витрачається на для обертання місильної діжі під час замісу, Вт;

η_2 - ККД передавальних механізмів приводу діжі.

$$N_{\partial} = N'_3 + N'_4 \quad (3.10)$$

де N'_3 - потужність, яка витрачається на подолання сили тертя в опорах місильної

діжі, Вт;

N'_4 - потужність, що витрачається на подолання сили опору тіста при русі в діжі (змінальні сили), Вт.

$$N'_3 = G_{02} F_{yn} r_{yn} w_{\partial} \quad (3.11)$$

де G_{02} - маса діжі з тістом, кг;

F_{yn} - коефіцієнт тертя в опорі діжі;

r_{yn} - радіус цапфи вала діжі, м;

w_{∂} - кутова швидкість діжі, с^{-1} .

$$N'_3 = 1000 \cdot 0,01 \cdot 0,1 \cdot 0,4 = 0,04 \text{ Вт}$$

$$N'_4 = c_0 F_{\text{л}} r_{np} w_{\partial} \quad (3.12)$$

де r_{np} - радіус опору під час руху місильної лопаті відносно діжі під час замісу тіста (повздовжня вісь), м.

$$N_4' = 10,5 \cdot 10^4 \cdot 1,4 \cdot 10^{-2} \cdot 0,15 \cdot 0,4 = 90 \text{ Вт}$$

$$N_2 = \frac{90}{\eta_2} \quad (3.13)$$

де η_2 - ККД приводу діжі:

$$\eta_2 = \eta_{yn} \eta_{zpd} \eta_u^2 \quad (3.14)$$

де η_{yn} - ККД упорного підшипника діжі ($\eta_{yn} = 0,995$);

η_u - ККД упорного підшипника діжі ($\eta_u = 0,995$).

$$\eta_{zpd} = \eta_{z.n} \eta_{e.n} \quad (3.15)$$

де $\eta_{z.n}$ - ККД зубчастого зачеплення ($\eta_{z.n} = 0,96$);

$\eta_{e.n}$ - ККД гвинтової пари.

$$\eta_{e.n} = \frac{\operatorname{tg} \gamma_{\partial}}{\operatorname{tg}(\gamma_L + \rho_{\partial})} = \frac{\operatorname{tg} 9^{\circ} 27' 44''}{\operatorname{tg}(9^{\circ} 27' 44'' + 5^{\circ})} = 0,65$$

де γ_L - кут підйому гвинтової лінії черв'яка, град;

ρ_{∂} - кут тертя в черв'ячній парі, град.

$$\eta_2 = 0,995^3 \cdot 0,65 = 0,615$$

$$N_2 = \frac{90}{0,615} = 152,8 \text{ Вт}$$

Потужність електродвигуна тістомісильної машини становитиме [4,6,7]:

$$N = \frac{1203,2 + 152,8}{\eta}$$

де η - ККД на ділянці від вала електродвигуна до вихідного вала черв'ячного редуктора (місця роздвоєння потоку потужності):

$$\eta = \eta_n^2 \eta_{огр} \quad (3.16)$$

де η_n - ККД підшипників кочення валів черв'яка і колеса.

$$\eta_{огр} = \eta_{з.п} \eta_{в.п} \quad (3.17)$$

де $\eta_{з.п}$ - ККД зубчастої пари загального черв'ячного редуктора;

$\eta_{в.п}$ - ККД гвинтової пари загального черв'ячного редуктора.

$$\eta_{в.п} = \frac{\operatorname{tg} \gamma_1}{\operatorname{tg}(\gamma_1 + \rho_1)} = \frac{\operatorname{tg} 5^{\circ} 11' 40''}{\operatorname{tg}(5^{\circ} 11' 40'' + 2^{\circ})} = 0,69 \quad (3.18)$$

$$\eta = 0,995^2 \cdot 0,69 = 0,66$$

$$N = \frac{1356,04}{0,66} = 2054 \text{ Вт}$$

Потужність на валах визначається за формулами [11,14]:

$$P_1 = P_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{цеп.п}} \cdot \eta_{\text{под}}, \text{ кВт} \quad (3.19)$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{\text{цеп. п}} \cdot \eta_{\text{под}}, \text{ кВт} \quad (3.20)$$

де $P_{\text{дв}}$ – потужність двигуна

$$P_1 = 2,2 \cdot 0,95 \cdot 0,99 = 2,07 \text{ кВт}$$

$$P_2 = 2,07 \cdot 0,95 \cdot 0,99 = 1,95 \text{ кВт}$$

Приймаємо передаточні відношення $U_1=25$, $U_2=22$

Частота обертання валів визначається за формулою:

$$n_1 = \frac{n_{\text{дв}}}{U_1} \quad (3.21)$$

$$n_2 = \frac{n_1}{U_2} \quad (3.22)$$

де $n_{\text{дв}}$ – частота обертання двигуна;

$$n_1 = \frac{n_{\text{дв}}}{U_1} = \frac{1430}{25} = 57 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

$$n_2 = \frac{n_1}{U_2} = \frac{57}{22} = 2 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Швидкість обертання валів визначається за формулою:

$$\omega = \frac{\pi n}{30} \quad (3.23)$$

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot 57}{30} = 5,97 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot 2}{30} = 0,21 \text{ c}^{-1}$$

Обертальний момент валів визначається за формулою:

$$T = \frac{P}{\omega} \quad (3.24)$$

$$T_1 = \frac{2,07 \cdot 10^3}{5,79} = 346,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_2 = \frac{1,95 \cdot 10^3}{0,21} = 9286,1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

3.3. Розрахунок пасової передачі

Для знаходження, сил які діють на вал потрібно визначити навантаження з боку веденого шківів.

Перша пасова передача:

Навантаження, що діє на вали розраховується за формулою [2], Н:

$$F_B = 2 \cdot F_o \cdot z \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2}$$

де F_o – попереднє напруження віток клинового пасу, Н;

z – число пасів;

α_1 – кут обхвату малого шківів.

$$F_o = \frac{850 \cdot P \cdot C_p \cdot C_L}{z \cdot v \cdot C_\alpha} + \theta \cdot v^2$$

де P – потужність, яка передається через пасовий механізм, кВт;

v – швидкість руху в м/с;

θ – коефіцієнт, який враховує відцентрові сили, $(\text{Н} \cdot \text{с}^2)/\text{м}^2$; із табличних даних $\theta = 0.1$ для пасу перерізом А.

$C_p = 1.2$ – коефіцієнт режиму роботи;

$C_L = 1.08$ – коефіцієнт, який враховує довжину паса;

$C_\alpha = 0.96$ – коефіцієнт кута обхвату.

Потрібна для передачі розрахованої потужності кількість пасів[2]:

$$z = \frac{P \cdot C_p}{P_0 \cdot C_L \cdot C_\alpha \cdot C_Z}$$

де $P_0 = 1.08\text{кВт}$ – допустима потужність, яку може передати один пас;

$C_Z = 0.85$ – коефіцієнт, який враховує кількість пасів в редукторі.

$$z = \frac{1.2 \cdot 1.2}{1.08 \cdot 1.08 \cdot 0.96 \cdot 0.85} = 2$$

Приймаємо $z = 2$.

Швидкість руху v :

$$v = 0.5 \cdot d_1 w_1 = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60} = \frac{3.14 \cdot 0.17 \cdot 50}{60} = 0.44 \text{ м/с}$$

Кут обхвату малого шківa

$$\alpha = 180 - 60 \frac{d_2 - d_1}{a} = 180 - 60 \frac{170 - 130}{400} = 174$$

Напруження віток паса.

$$F_0 = \frac{850 \cdot 1.2 \cdot 1.2 \cdot 1.08}{2 \cdot 0.44 \cdot 0.96} + 0.1 \cdot (0.44)^2 = 1564$$

Навантаження, яке діє на вали

$$F_B = 2 \cdot 1564 \cdot 2 \cdot \sin \frac{174}{2} = 6253 \text{ Н} \approx 6.3 \text{ кН}$$

Друга пасова передача:

θ – коефіцієнт, який враховує відцентрові сили, $(\text{Н} \cdot \text{с}^2)/\text{м}^2$; із табличних даних $\theta = 0.1$ для пасу перерізом А.

$C_p = 1.2$ – коефіцієнт режиму роботи;

$C_L = 1.08$ – коефіцієнт, який враховує довжину паса;

$C_\alpha = 0.96$ – коефіцієнт кута обхвату.

$P_0 = 1.08 \text{ кВт}$ – допустима потужність, яку може передати один пас;

$C_Z = 0.85$ – коефіцієнт, який враховує кількість пасів в редукторі.

$$z = \frac{1.2 \cdot 1.2}{1.08 \cdot 1.08 \cdot 0.96 \cdot 0.85} = 2$$

Приймаєм $z = 2$.

Швидкість руху v :

$$v = \frac{3.14 \cdot 0.15 \cdot 65}{60} = 0.51 \text{ м/с}$$

Кут обхвату малого шківa

$$\alpha = 180 - 60 \frac{400 - 150}{710} = 159$$

Напруження віток паса.

$$F_0 = \frac{850 \cdot 1.2 \cdot 1.2 \cdot 1.08}{2 \cdot 0.51 \cdot 0.96} + 0.1 \cdot (0.51)^2 = 1350$$

Навантаження, яке діє на вали

$$F_B = 2 \cdot 1350 \cdot 2 \cdot \sin \frac{159}{2} = 5309 \text{ Н} \approx 5.3 \text{ кН}$$

4. Моделювання робочого органу тістомісильної машини Т1-ХТА під час процесу замішування тіста

4.1. Моделювання та розрахунок напружень робочого органу під час процесу перемішування

У даній кваліфікаційній роботі для тістомісильної машини Т1-ХТА була запропонована модернізована конструкція місильної лопаті. Конструкція місильної лопаті є основним та важливим фактором у правильній та надійній роботі тістомісильного апарату під час процесу замішування тіста.

Також важливим фактором є ширина та висота місильної лопаті. При збільшенні ширини ростуть затрати матеріалу з якого виготовлена лопать, але одночасно ростуть такі показники як надійність роботи та якість перемішування тіста [8,10,18,20].

В процесі виконання дипломної роботи поставлена задача з дослідження процесу замішування тіста тістомісильною машиною Т1-ХТА в якій встановлена модернізований місильний орган зі зміненою шириною лопаті.

Для моделювання та подальшого порівняння напружень тістомісильної лопаті до та після модернізації було обрано декілька варіантів виконання модернізованого місильного органу з різними геометричними параметрами [11,13]:

- 1) Лапа висотою в 150 мм та довжиною в 530 мм (Лапа без модернізації)
- 2) Лапа висотою в 170 мм та довжиною в 550 мм (Модернізована)
- 3) Лапа висотою в 190 мм та довжиною в 570 мм (Модернізована)

Матеріал усіх досліджуваних варіантів Сталь 08Х18Н10.

3D Модель підкатної діжі Т1-ХТ2Д, змодельовану в програмі SolidWorks з місильною лопатю показано на рис. 4.1. Моделювання процесу навантаження на місильну лопать виконано в програмі додатку Simulation основного пакету SolidWorks.



Рис. 4.1. Схема розташування місильної лопаті в діжі тістомісильної машини Т1-ХТА

Для розрахунку статичного навантаження на лопать виберемо спосіб та місце жорсткого фіксування місильної лопаті. Процес задання місця фіксації зображено на (рис.4.2.). Далі після задання місця фіксації встановлюємо у програмі величину та напрям навантаження яке діє на лопать (рис.4.3).

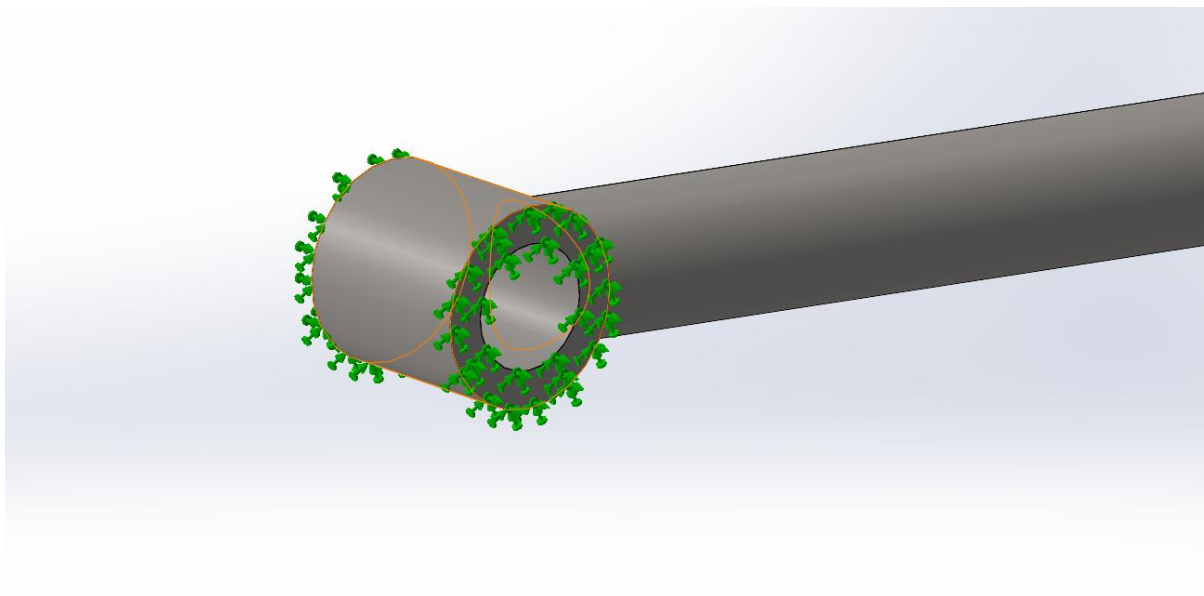


Рис. 4.2. Схема фіксації місильної лопаті тістомісильної машини Т1-ХТА до місильного вузла

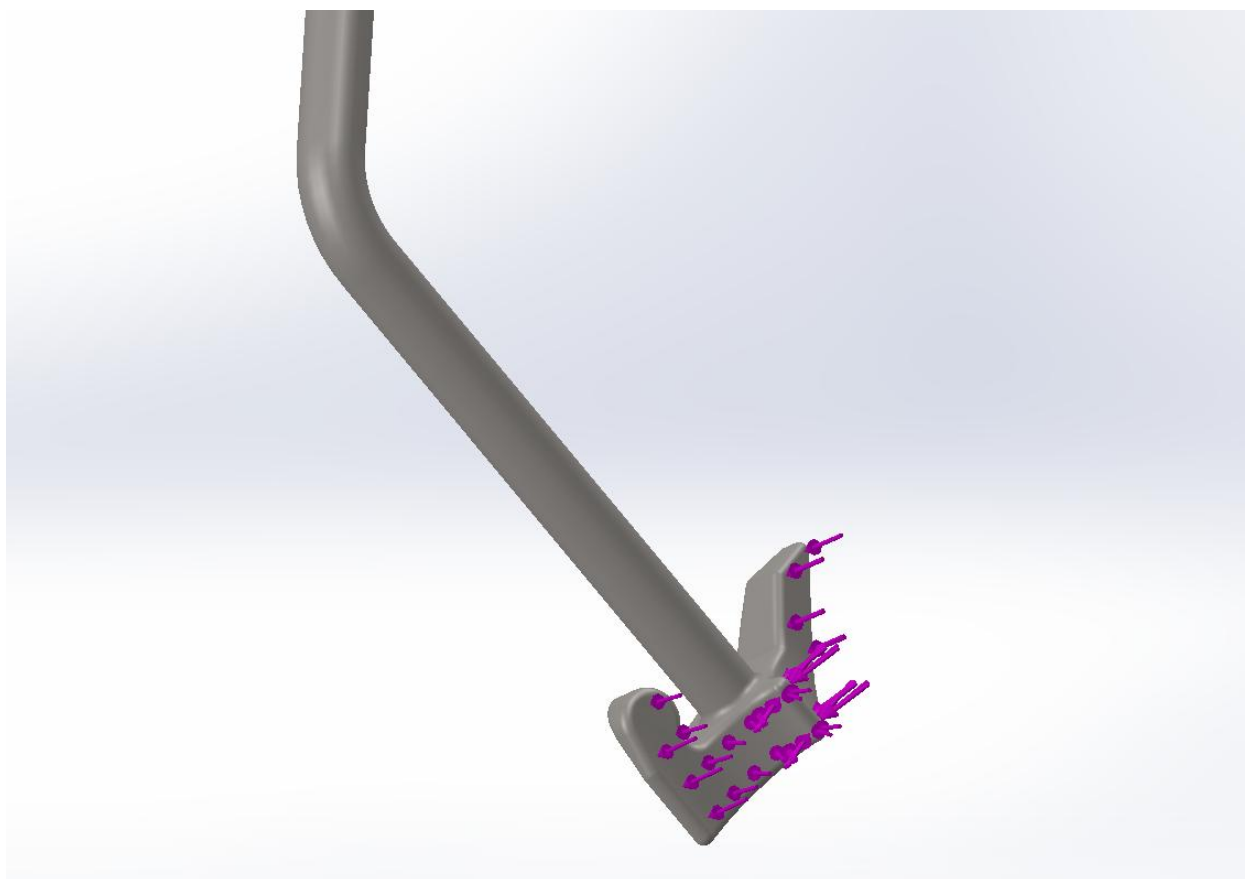


Рис. 4.3. Схема прикладання навантаження на лопать тістомісильної машини Т1-ХТА

Після внесення в програму місця фіксації та напрямку навантаження в меню створення розрахункової сітки для модернізованої лопаті обираємо розмір та ширину комірки заданій програмою за замовчуванням. Подальші розрахунки після отримання сітки зображені на рис. 4.4. – 4.16.

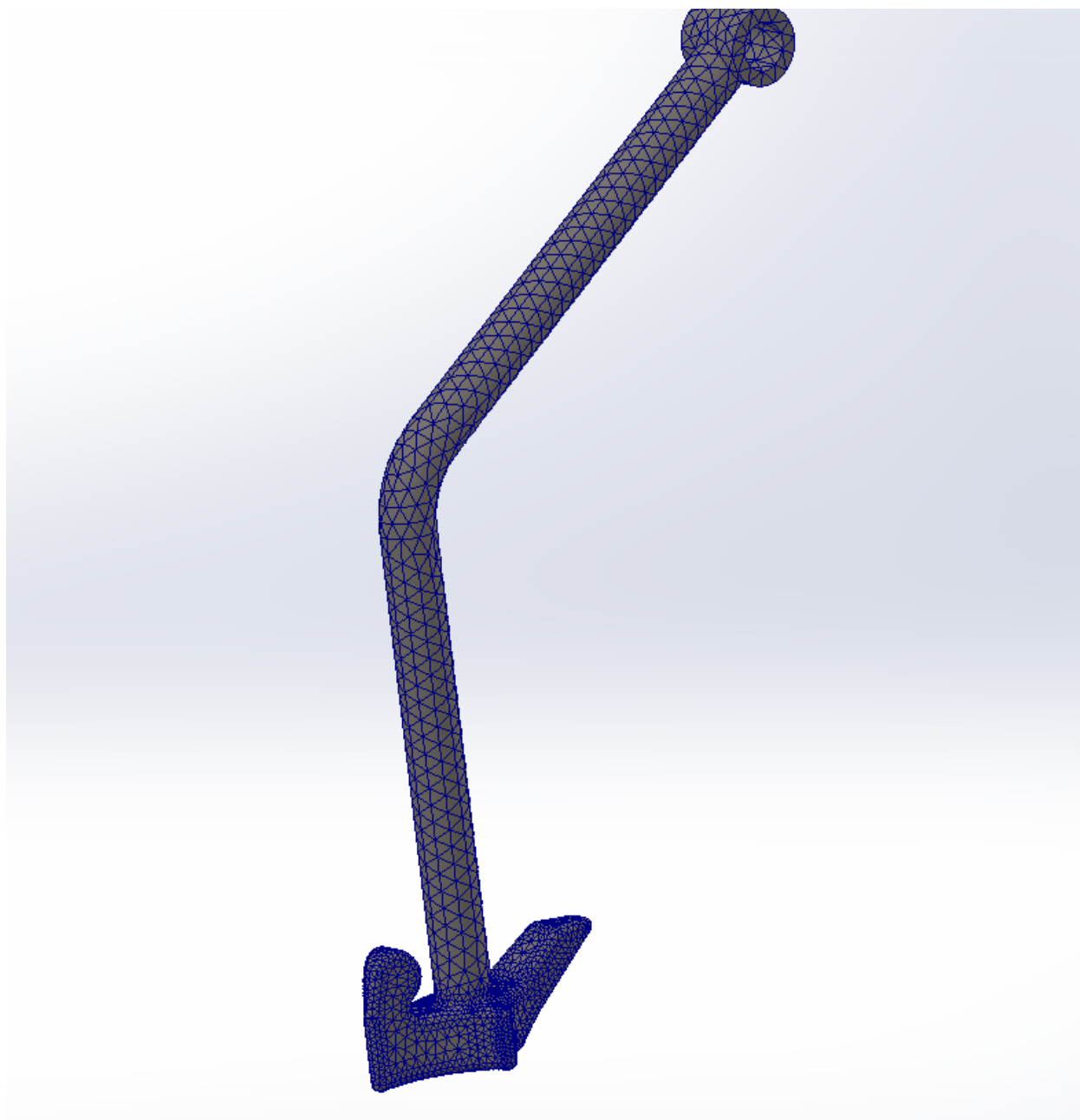


Рис. 4.4. Розрахункова сітка лопаті тістомісильної машини Т1-ХТА

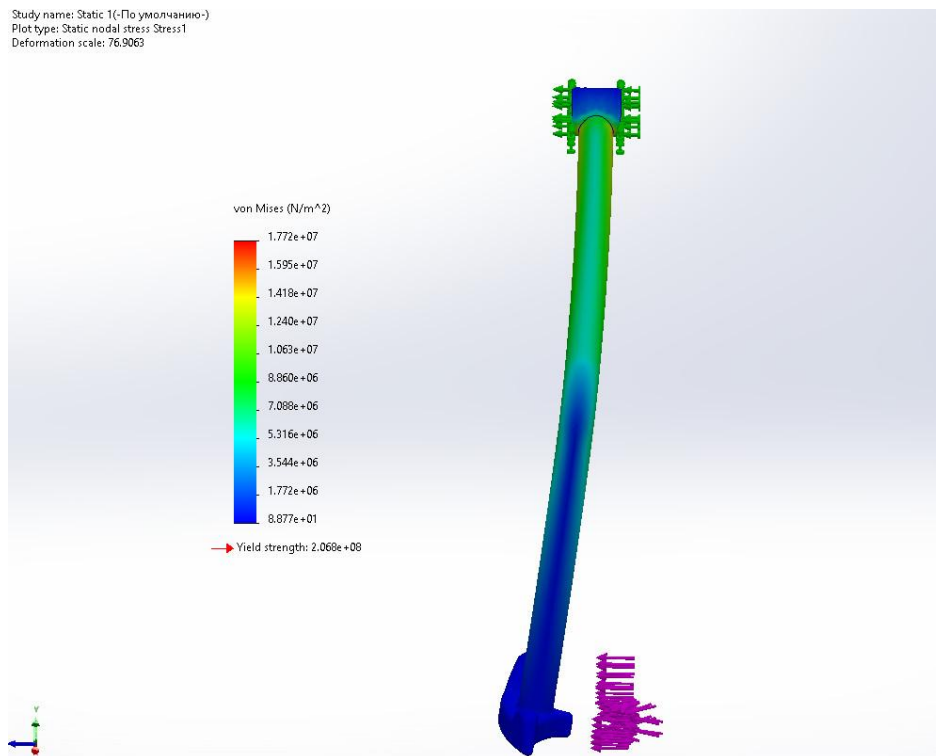


Рис. 4.5. Результати обчислення максимальних напружень по Фон Мізесу для не модернізованої лопаті (висотою 150 мм та довжиною в 530 мм)

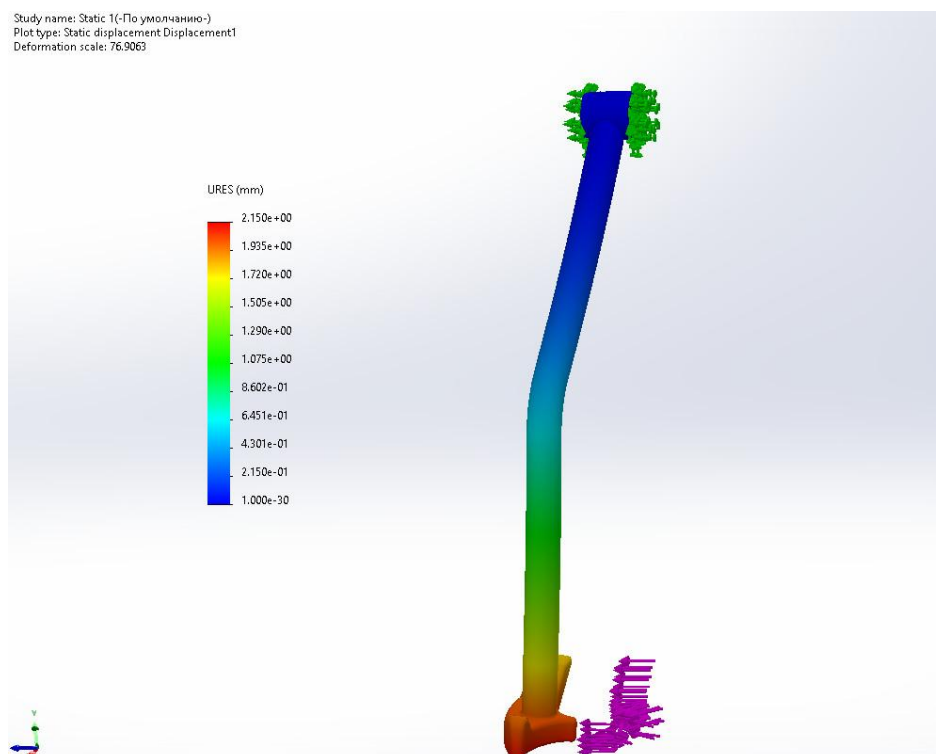


Рис. 4.6. Результати обчислення максимальних деформацій для не модернізованої лопаті (висотою 150 мм та довжиною в 530 мм)

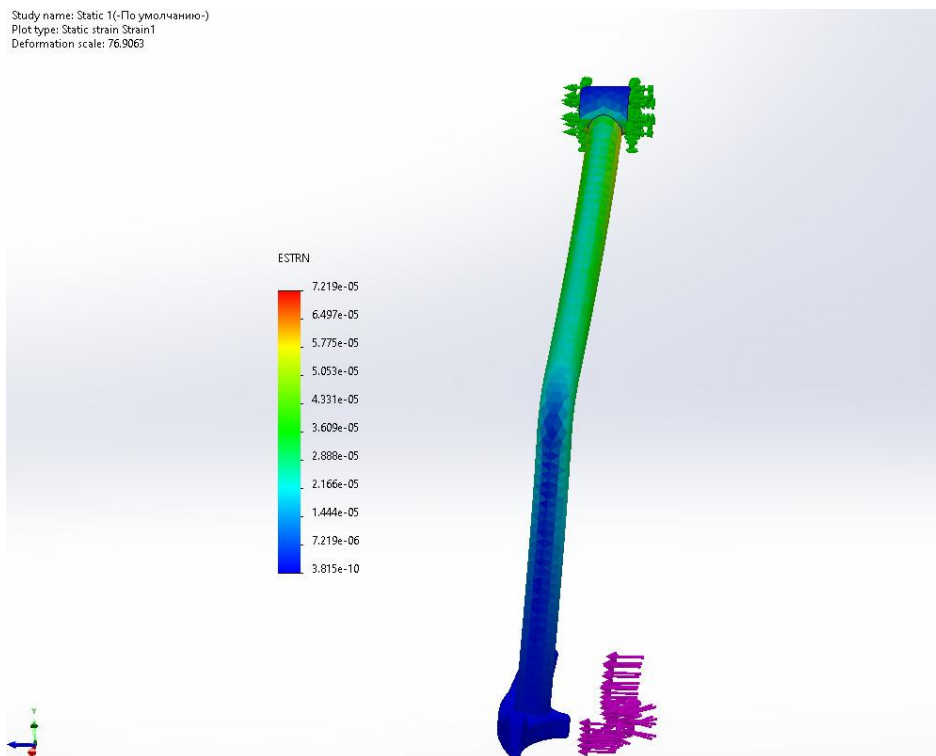


Рис. 4.7. Результати обчислення статичних деформацій для не модернізованої лопаті (висотою 150 мм та довжиною в 530 мм)



Рис. 4.8. Епюра Design Insight для навантаженої не модернізованої лопаті (висотою 150 мм та довжиною в 530 мм)

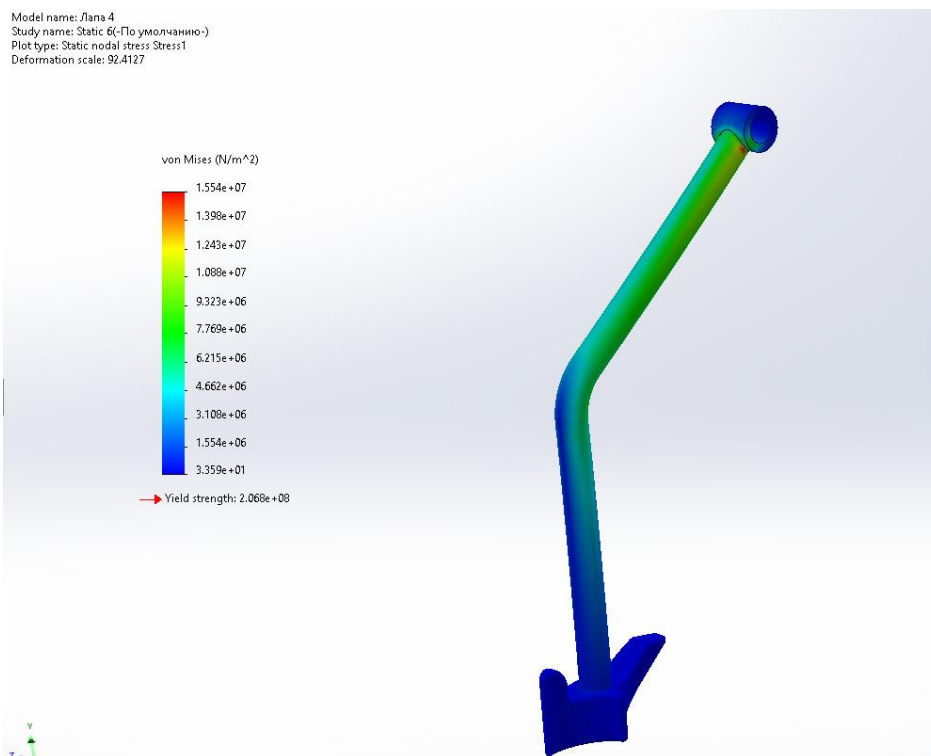


Рис. 4.9. Результати обчислення максимальних напружень по Фон Мізесу для модернізованої лопаті (висотою 170 мм та довжиною в 550 мм)

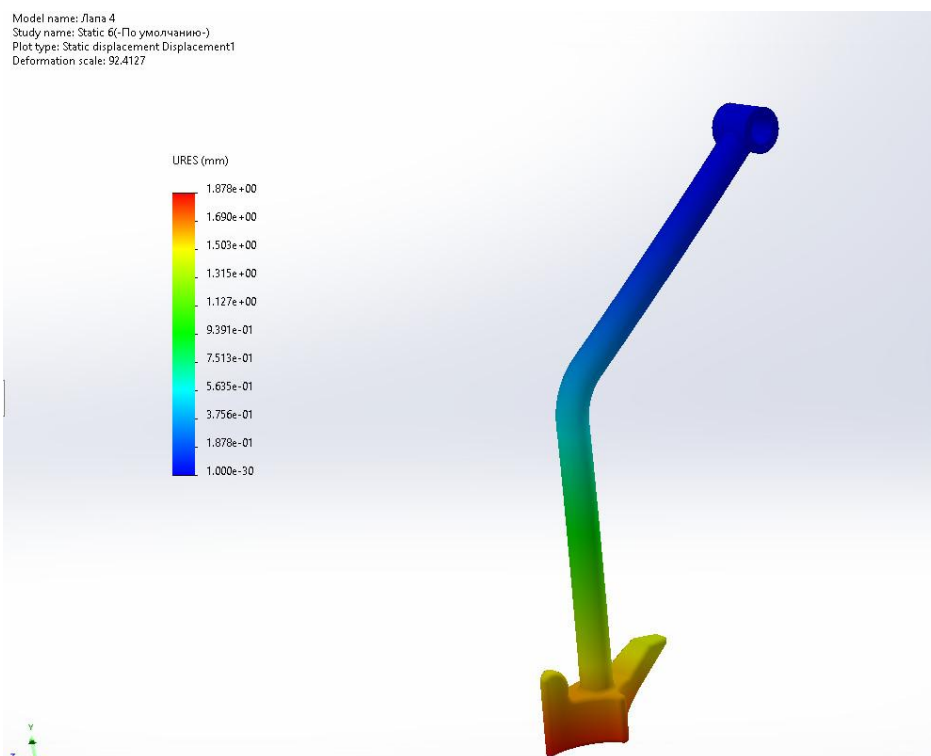


Рис. 4.10. Результати обчислення максимальних напружень для модернізованої лопаті (висотою 170 мм та довжиною в 550 мм)

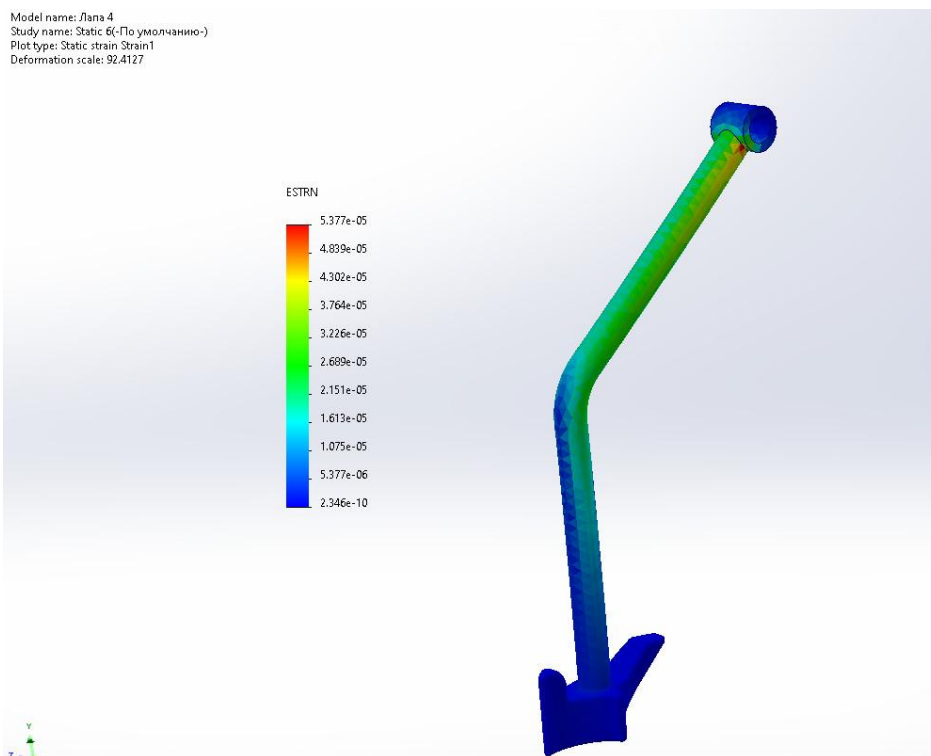


Рис. 4.11. Результати обчислення статичних деформацій для модернізованої лопаті (висотою 170 мм та довжиною в 550 мм)

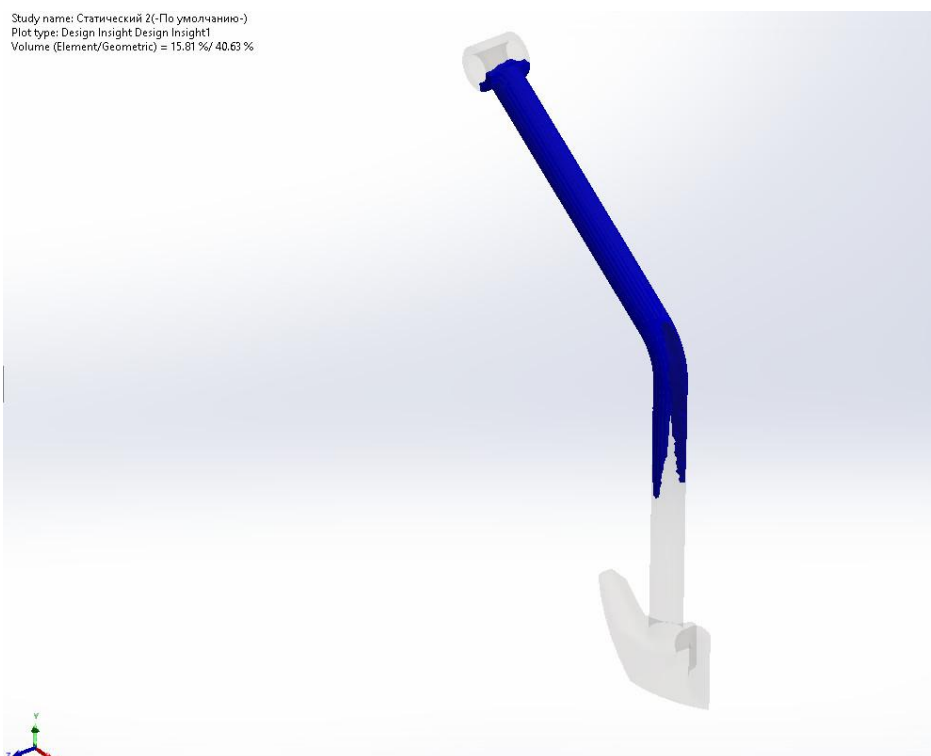


Рис. 4.12. Епюра Design Insight для навантаженої модернізованої лопаті (висотою 170 мм та довжиною в 550 мм)

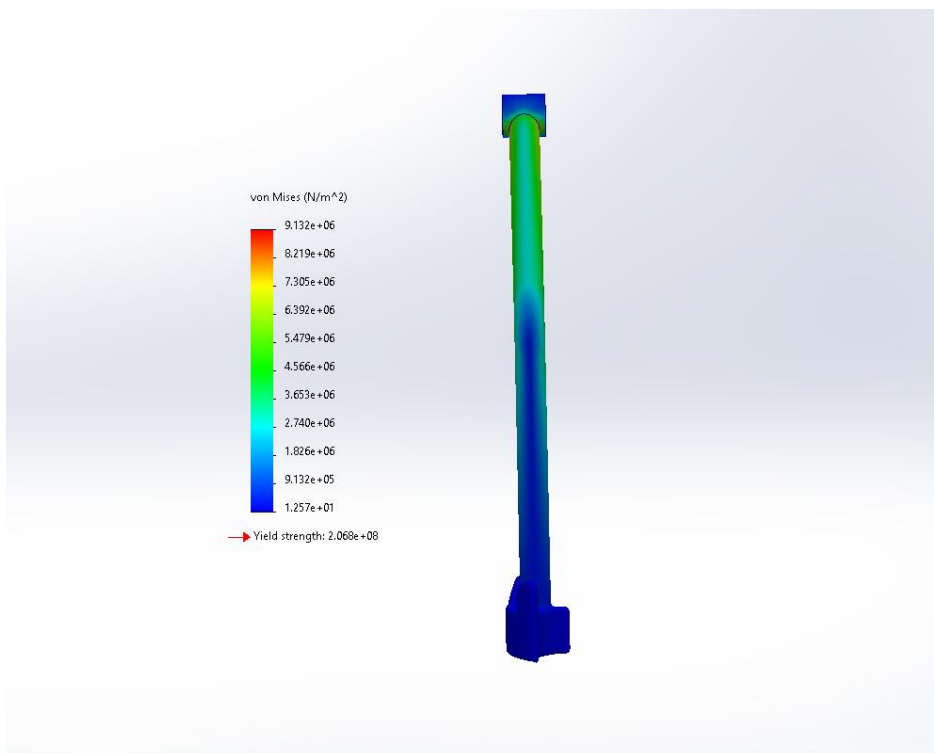


Рис. 4. 13. Результати обчислення максимальних напружень по Фон Мізесу для модернізованої лопаті (висотою 190 мм та довжиною в 570 мм)

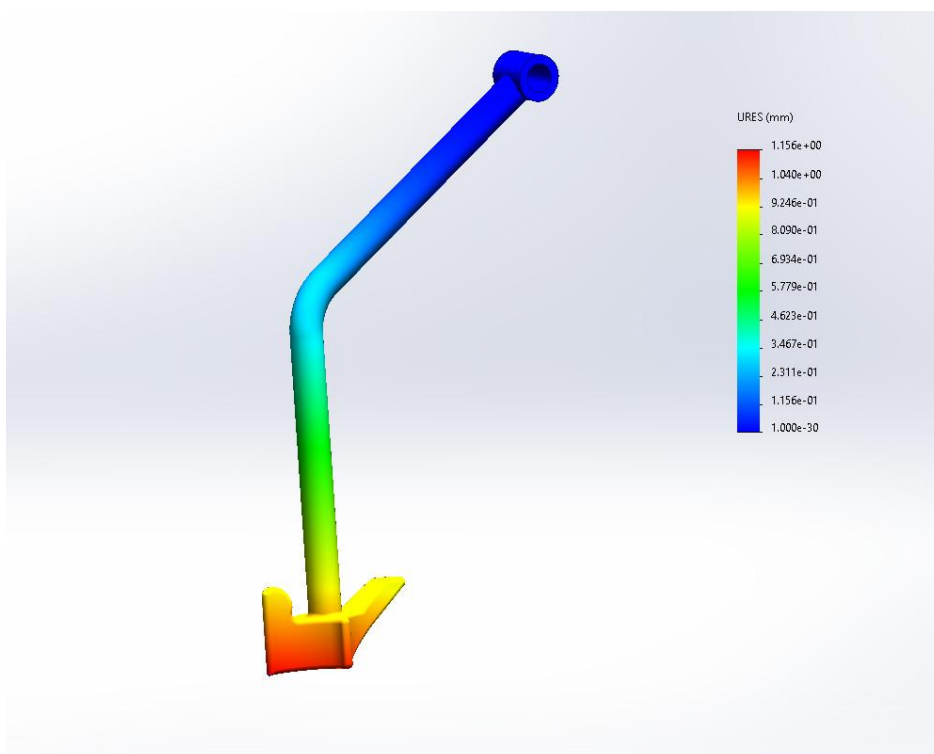


Рис. 4.14. Результати обчислення максимальних деформацій для модернізованої лопаті (висотою 190 мм та довжиною в 570 мм)

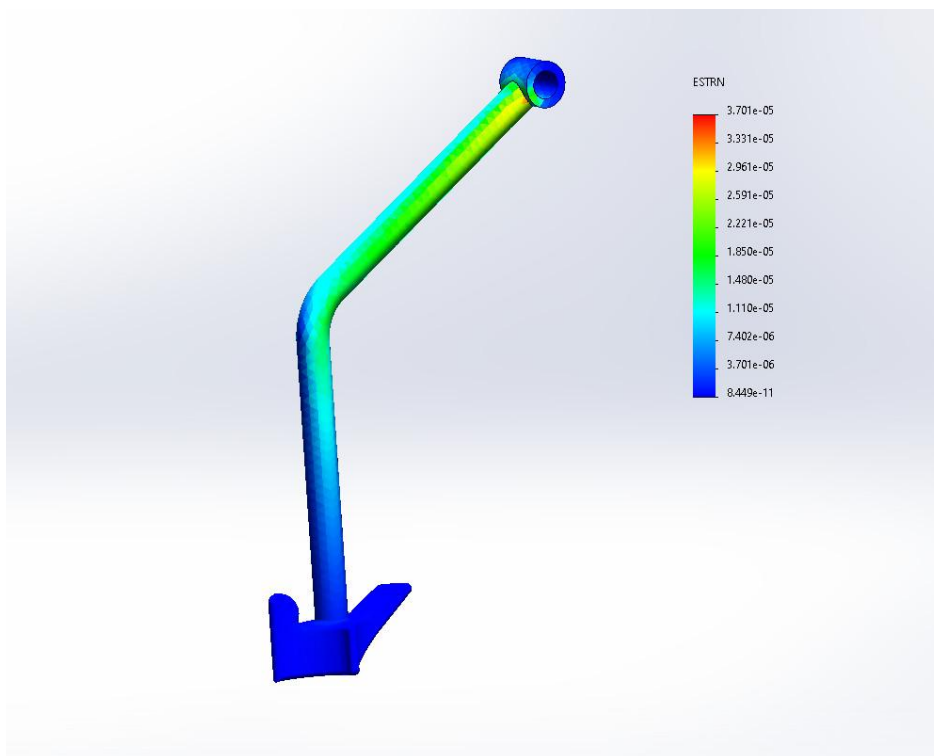


Рис. 4.15. Результати обчислення статичних деформацій для модернізованої лопаті (висотою 190 мм та довжиною в 570 мм)

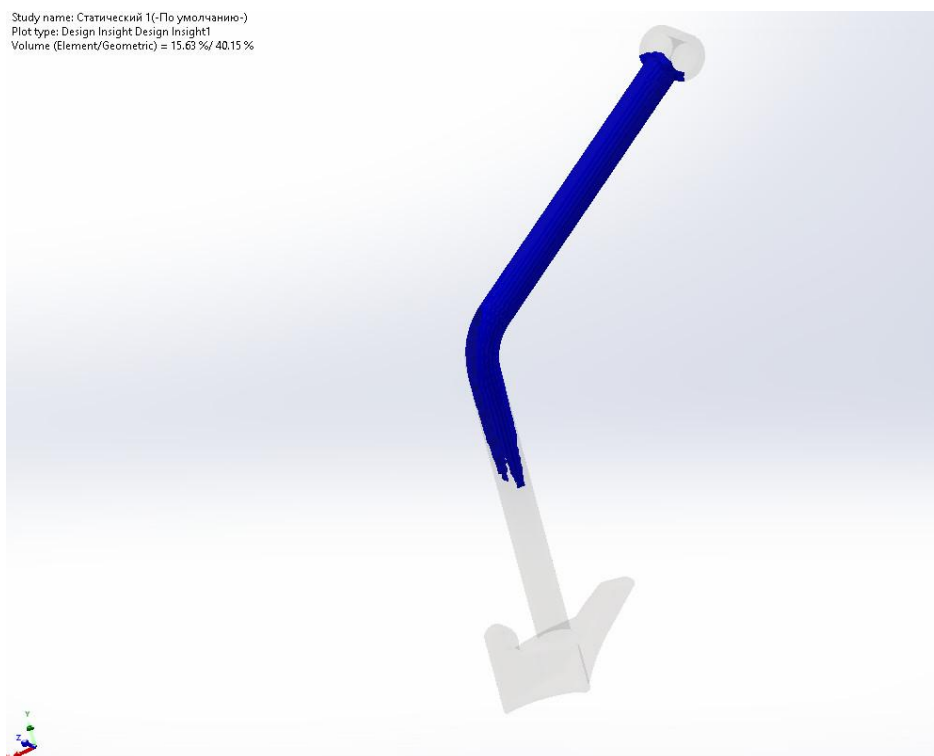


Рис. 4.16. Епюра Design Insight для навантаженої модернізованої лопаті (висотою 190 мм та довжиною в 570 мм)

Повторимо дослідження у випадку зміни матеріалу виготовлення місильної лапи. При застосуванні конструкційної сталі 40ХН2МА замість сталі 08Х18Н10 в якості матеріалу місильного органу, одержимо наступні результати досліджень (рис. 4.17 - 4.20 :

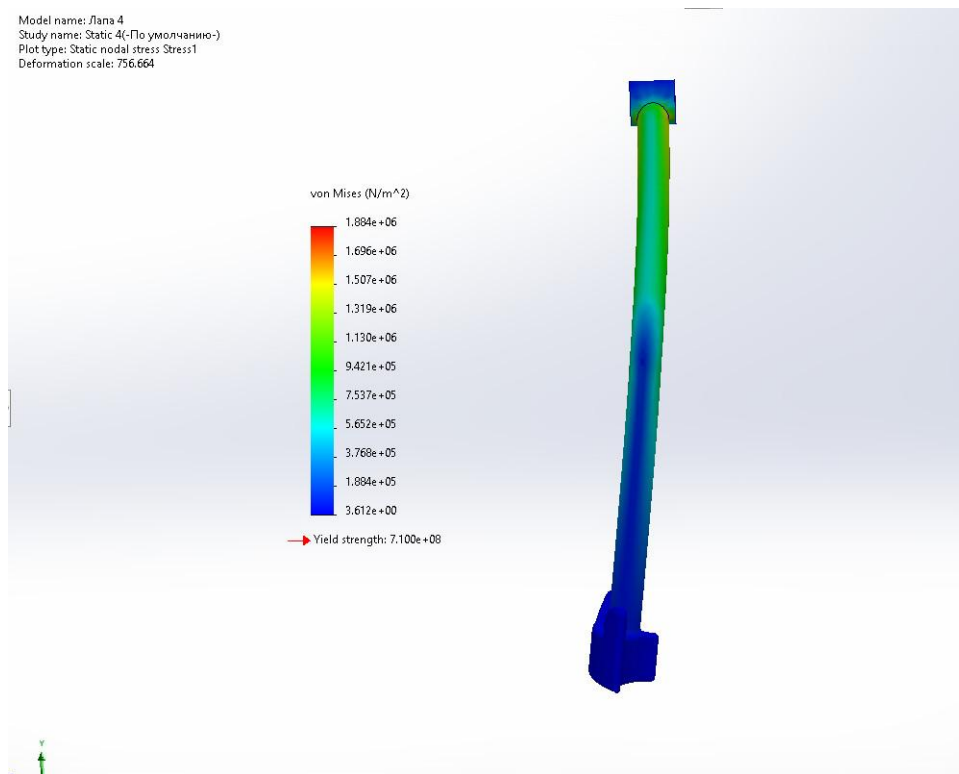


Рис. 4.17. Результати обчислення максимальних напружень по Фон Мізесу для тістомісильної лапи з матеріалом виготовлення Сталь 40ХН2МА

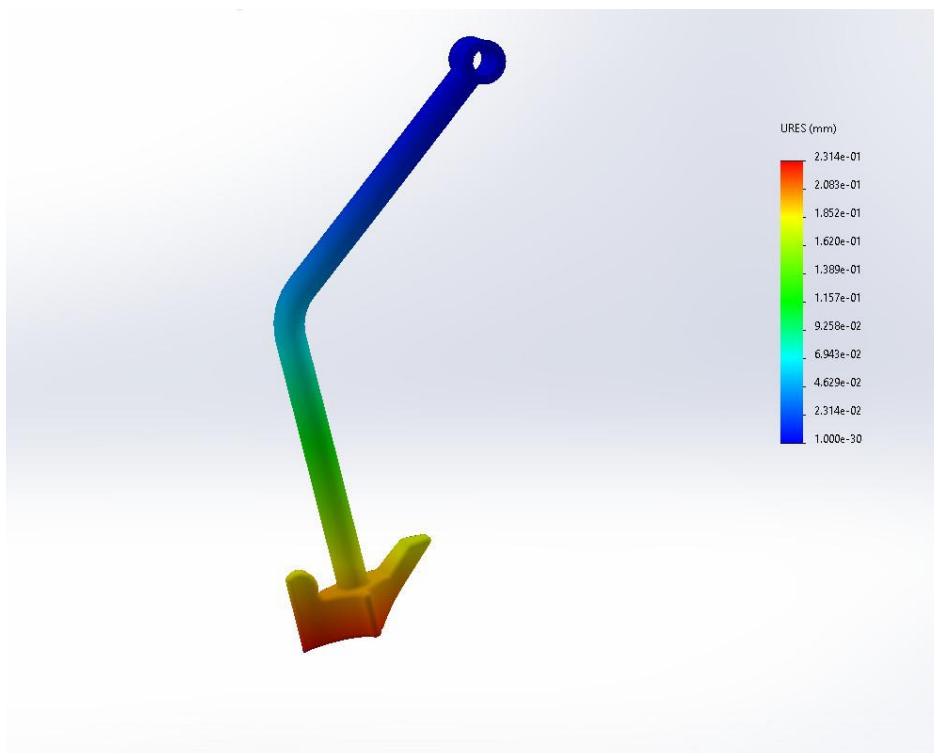


Рис. 4.18. Результати обчислення максимальних деформацій для тістомісильної лапи з матеріалом виготовлення Сталь 40ХН2МА

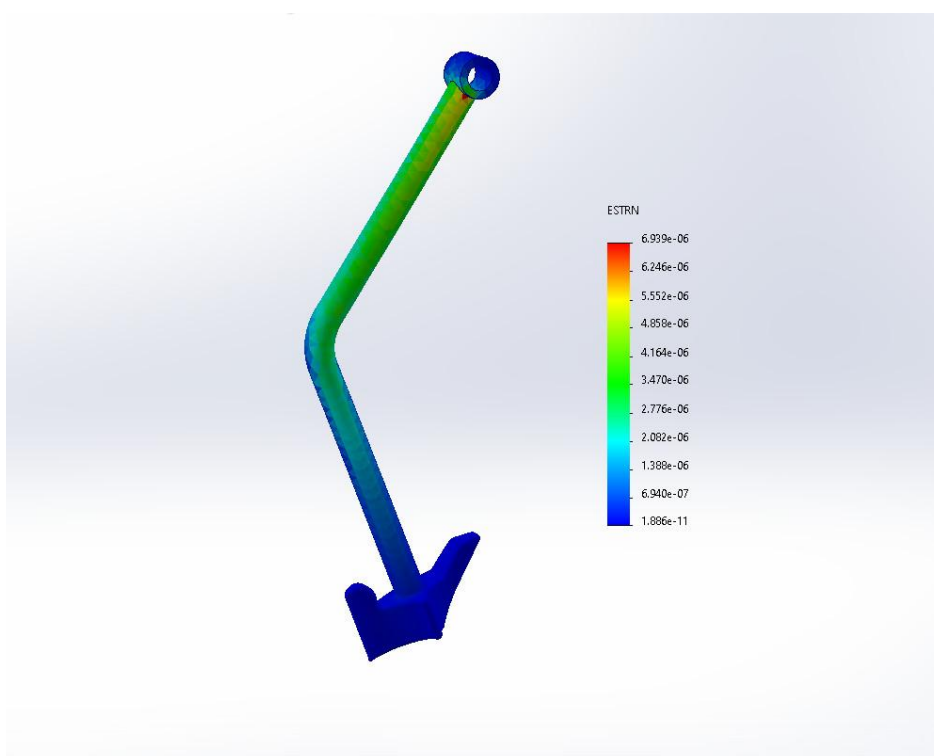


Рис. 4.19. Результати обчислення статичних деформацій для тістомісильної лапи з матеріалом виготовлення Сталь 40ХН2МА

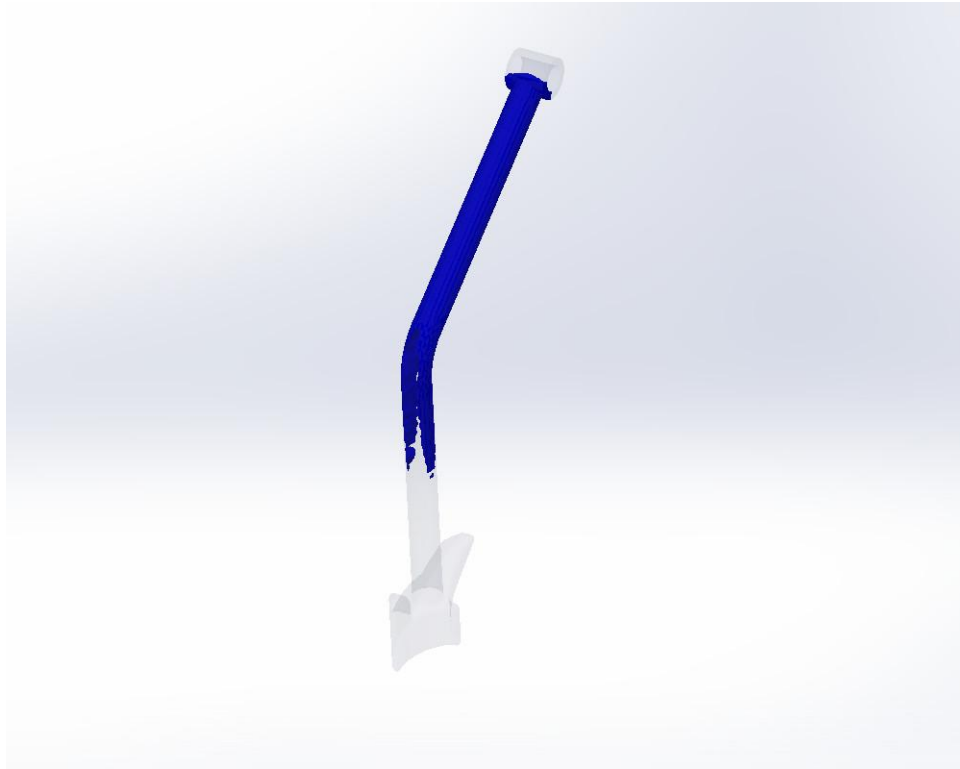


Рис. 4.20. Епюра Design Insight для тістомісильної лапи з матеріалом виготовлення Сталь 40ХН2МА

Далі проведемо моделювання та розрахунок об'ємної концентрації, масової концентрації, динамічної в'язкості тіста в діжі. Для цього використаємо додатковий модуль програми SolidWorks під назвою Flow Simulation. Створюємо модель, яка по параметрам відповідатиме тісту в діжі та задаємо значення цих параметрів. Моделюємо процес замішування та одержуємо графічне зображення зміни досліджуваних параметрів та графіки їхніх залежностей.

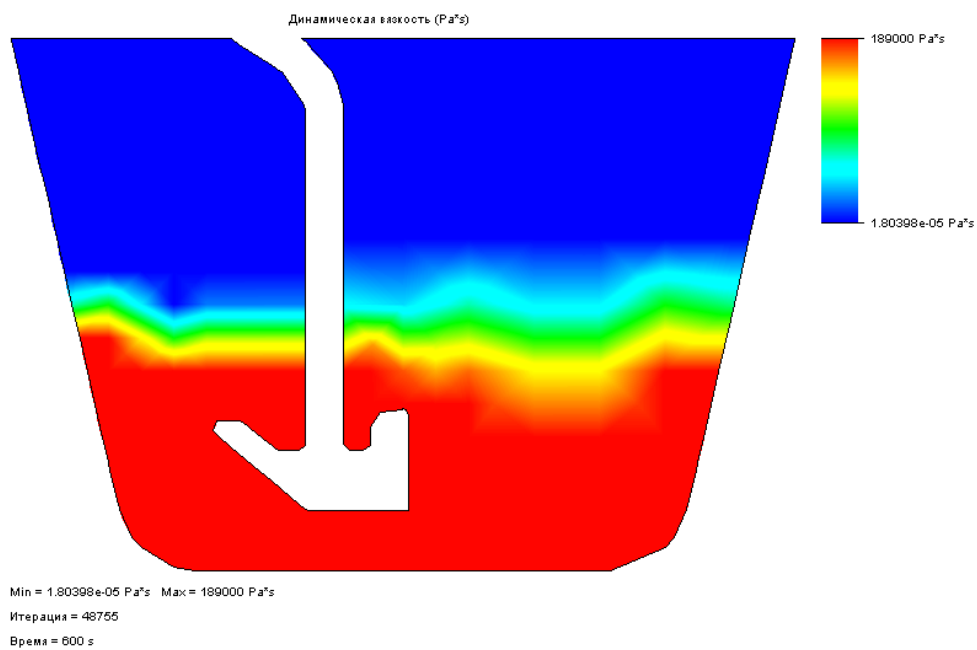


Рис. 4.21. Зміна динамічної в'язкості тіста в діжі (Па*с)

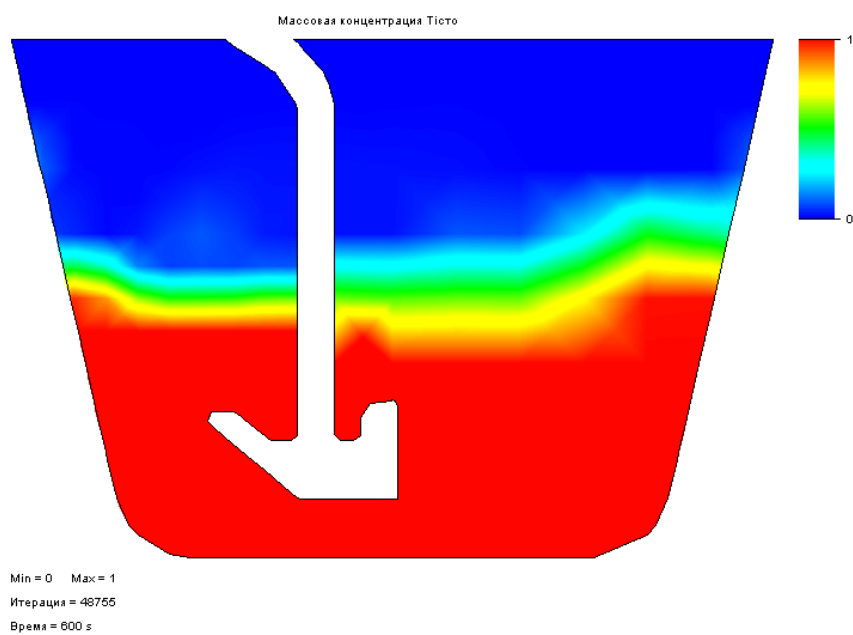


Рис. 4.22. Зміна масової концентрації тіста в діжі

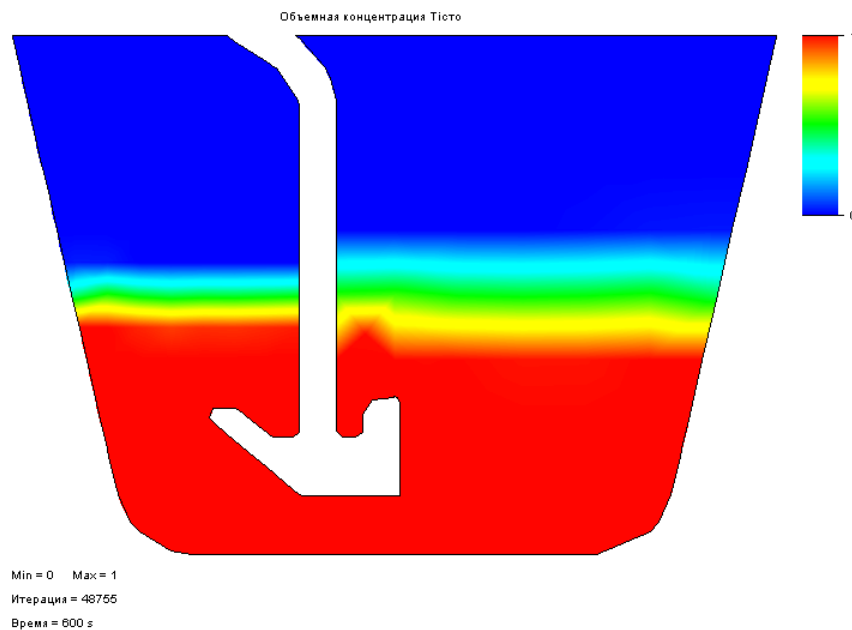


Рис. 4.23. Зміна об'ємної концентрації тіста в діжі

Дослідження проведені в SolidWorks Simulation та Flow Simulation та залежності параметрів тіста при замішуванні модернізованим місильним органом графічно зображені на аркушах формату A1.

4.2. Аналіз результатів

В процесі виконання обчислень в додатку SolidWorks Simulation було виявлено, що у варіанті виконання не модернізованої місильної лапи тістомісильної машини Т1-ХТА (габаритні розміри самої лапи складають 150 мм висота, 530 мм довжина) місильний орган зазнає значних деформацій що зображено на рисунках 4.5-4.7. В довготривалому використанні тістомісильної машини такі деформації будуть мати негативний вплив на якість замісу тіста, тісто буде мати не однорідну структуру в процесу замісу, що несе за собою погіршення якості кінцевого продукту. Також результатом значних деформацій в процесі навантаження місильного органу є зменшення строку служби місильного вузла та його потенційний вихід з ладу під час експлуатації.

При розрахунку другого варіанту виконання місильної лапи (габаритні розміри самої лапи складають 170 мм висота, 550 мм довжина), надлишкові деформації залишаються, але їх значення зменшилось з 3,2 см в першому варіанті до 1,8 см у другому варіанті (рис. 4.8-4.10). Наявність залишкових деформацій у місці кріплення лопаті свідчить про те, що з часом лапа цієї конфігурації те може зазнати поломки під час застосування.

Під час виконання третього варіанту виконання місильної лапи (габаритні розміри лапи складають 190 мм висота, 570 мм довжина) деформації склали 0,3 см, що є допустимим результатом під час замішування тіста в місильній діжі Т1-ХТ2Д. Також під час дослідження напруження за Фон Мізесом склали $2,068\text{E}+04 \text{ Н/м}^2$ (при запасі текучості в 2,29). При цих параметрах запас довговічності збільшиться, що забезпечить стабільну роботу вузла змішування під час періоду експлуатації. Залишкові деформації в місці кріплення також є допустимими.

У всіх дослідних випадках навантаження на робочу ділянку лопаті складало 780 Н, що відповідає навантаженню яке створює тісто в діжі.

Після проведення порівняння різних виконань можна зробити висновок, що проведена модернізація вузла замішування тістомісильної машини Т1-ХТА, (яка полягала в збільшенні площі контакту тістомісильної лапи з тістом) дала необхідний позитивний результат у вигляді збільшення експлуатаційних показників таких як надійність та довговічність, а також технологічних показників, таких як якість замішування тіста та рівномірність перемішування.

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5.1. Захист технологічного обладнання харчових виробництв від біологічного зараження

Безпека на виробництві в разі можливих контактів з небезпечними і шкідливими біологічними факторами забезпечується виконанням вимог, що висуваються до виробничих процесів, виробничого обладнання, засобів захисту, а також системою спеціальних профілактичних заходів.

Виробничі процеси повинні допускати можливість знезараження або знешкодження території, приміщень, устаткування, обладнання, транспортних засобів, одягу та засобів захисту, контролю за умовами праці та дотриманням гігієнічних вимог, а також унеможлиблювати несприятливий вплив на працюючих з біологічними об'єктами та ін.

Санітарно-протиепідемічні (профілактичні заходи) - організаційні, адміністративні, інженерно-технічні, медико-санітарні, ветеринарні та інші заходи, спрямовані на усунення або зменшення шкідливого впливу на людину чинників середовища існування, запобігання виникненню і поширенню інфекційних хвороб і масових неінфекційних захворювань (отруєнь) та їх ліквідацію [3].

Медико-санітарні заходи - процедури, що застосовуються з метою запобігання поширенню хвороби або контамінації.

Основні вимоги біологічної безпеки на виробництві викладено в ГОСТ 12.1.008 "Система стандартів безпеки праці. Біологічна безпека. Загальні вимоги".

До них належать [3]:

- обладнання та препарати для дезінфекції, дезінсекції, стерилізації, дератизації;
- огорожувальні пристрої;
- герметизувальні пристрої;
- пристрої для вентиляції та очищення повітря;

- знаки безпеки.

Система спеціальних профілактичних заходів повинна забезпечувати:

- створення у персоналу, що працює з патогенними мікроорганізмами, активного або пасивного імунітету;
- нормування тривалості роботи в шкідливих умовах праці;
- підвищення опірності організму працівників (лікувально-профілактичне харчування та ін.).

Біологічний захист включає своєчасне виявлення факторів біологічного зараження та проведення комплексу адміністративно-господарських, режимообмежувальних і спеціальних протиепідемічних та медичних заходів.

Біологічний захист включає [3]:

- своєчасне виявлення чинників та осередку біологічного зараження, його локалізацію і ліквідацію;
- прогнозування масштабів і наслідків біологічного зараження, розроблення та запровадження своєчасних протиепідемічних, профілактичних, протиепізоотичних, протієпіфіготичних і лікувальних заходів;
- проведення екстреної неспецифічної та специфічної профілактики біологічного зараження населення;
- своєчасне застосування засобів індивідуального та колективного захисту;
- запровадження обмежувальних протиепідемічних заходів, обсервації та карантину;
- здійснення дезінфекційних заходів в осередку зараження, знезараження суб'єктів господарювання, тварин та санітарної обробки населення;
- надання екстреної медичної допомоги ураженим біологічними патогенними агентами;
- інші заходи біологічного захисту залежно від ситуації, що склалася.

Біологічний захист додатково включає встановлення протиепідемічного, протиепізоотичного та протієпіфіготичного режимів та їх дотримання суб'єктами господарювання, закладами охорони здоров'я та населенням [3].

Здійснення заходів біологічного захисту покладається на суб'єктів забезпечення цивільного захисту.

5.2. Заходи безпеки під час роботи в зоні біологічного зараження

Перед залученням особового складу до участі в локалізації та ліквідації надзвичайної ситуації в осередку біологічного зараження за результатами біологічно розвідування потрібно визначити [12]:

- наявність і характер небезпечних чинників в осередку надзвичайної ситуації, яких не можна уникнути за допомогою організаційних, технічних, технологічних та інших заходів захисту;
- характеристики, які повинні мати ЗІЗ, та з'ясувати, чи відповідають вони умовам праці рятувальників і біологічним небезпекам, які є в осередку зараження.

Перед початком робіт у зоні біологічного зараження треба перевірити справність власного захисного одягу та працездатність засобів індивідуального захисту органів дихання. Якщо потрібно, то надається взаємодопомога у перевірці справності захисного одягу.

Під час роботи в ЗІЗ ізоляційного типу особовий склад повинен суворо дотримуватися фізіологічних термінів перебування в цьому типі одягу [12].

Категорично заборонено перебувати у спеціальному одязі поза межами зони біологічного зараження, а також зберігати його в побутових приміщеннях, не пристосованих для його зберігання, а також у житлових приміщеннях.

Якщо виявлено симптоми інфекційного захворювання у рятувальника, який бере участь у ліквідації надзвичайної ситуації та її наслідків у зоні біологічного зараження, спеціальний одяг, взуття та інші ЗІЗ, якими він користувався, та приміщення, де вони зберігались, підлягають заключній дезінфекції. ЗІЗ одягаються поза осередком біологічного зараження.

Зняття захисного одягу здійснюється на пункті спеціальної обробки (ПСО), розташованому на межі зони біологічного зараження.

Пункт розгортається на рівному, не забрудненому місці, або у приміщенні, яке забезпечує вільний прохід особового складу.

Перед прибуттям особового складу для роботи в осередку біологічного зараження спеціально визначені особи готують необхідні засоби для проведення дезінфекції ЗІЗ та санітарної обробки особового складу.

На весь період перебування рятувальників в осередку біологічного зараження поблизу ПСО організовується чергування медичного працівника із спеціальною укладкою для надання невідкладної медичної допомоги та проведення загальної екстреної профілактики можливого біологічного зараження.

Після закінчення робіт в осередку біологічного зараження за вказівкою керівника підрозділу рятувальники збираються на ПСО, щоб зняти захисний одяг.

До робіт з ліквідації надзвичайних ситуацій та їх наслідків у зоні біологічного зараження допускаються тільки працівники, які не мають медичних протипоказань і скарг на погіршення стану здоров'я.

Під час виконання аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт в осередках біологічного зараження працівники повинні дотримуватись правил безпеки, спрямованих на запобігання зараженню біологічно небезпечними агентами, і себе, й інших учасників робіт.

На весь період робіт у зоні біологічного зараження кожен працівник має бути забезпечений особистим комплектом (за потреби й кількома комплектами) ЗІЗ.

Працівники зобов'язані застосовувати засоби індивідуального захисту (надалі ЗІЗ) лише за призначенням згідно з інструкціями щодо їхньої експлуатації.

Кожен працівник щоденно повинен перевіряти справність свого захисного одягу та засобів індивідуального захисту органів дихання. При необхідності, працівники допомагають один одному в перевірці справності захисного одягу.

Під час роботи в ЗІЗ ізоляційного типу (комплект Л-1, загальновійськовий захисний комплект (далі - ЗЗК) у вигляді комбінезона) працівники повинні суворо дотримуватися фізіологічних термінів перебування в такому одязі.

Працівникам категорично заборонено перебувати у спеціальному одязі поза межами зони біологічного зараження, а також зберігати його в побутових приміщеннях, не пристосованих для його зберігання, а також у житлових приміщеннях.

Якщо виявлено симптоми інфекційного захворювання у працівника, який бере участь у ліквідації надзвичайної ситуації та її наслідків у зоні біологічного зараження, спеціальний одяг, взуття та інші ЗІЗ, якими він користувався та приміщення, де вони зберігались, підлягають заключній дезінфекції.

ЗІЗ потрібно одягати поза осередком біологічного зараження.

Зняття захисного одягу здійснюється на пункті спеціальної обробки (ПСО), розташованому на межі зони біологічного зараження. Пункт розгортається на рівному, не забрудненому місці або у приміщенні, яке забезпечує вільний прохід особового складу.

Перед прибуттям працівників для роботи в осередку біологічного зараження спеціально визначені особи підготовляють необхідні засоби для проведення дезінфекції ЗІЗ та санітарної обробки особового складу.

На весь період перебування рятувальників в осередку біологічного зараження поблизу ПСО має бути організоване чергування медичного працівника із спеціальною укладкою для надання невідкладної медичної допомоги та проведення загальної екстреної профілактики можливого біологічного зараження.

Після закінчення робіт в осередку біологічного зараження за вказівкою керівника робіт працівники збираються на ПСО, щоб зняти захисний одяг.

Перед входом до ПСО на межі із зоною зараження обладнується дезінфекційний бар'єр у вигляді великої, але не високої ємності, в яку на товщину 5 - 10 см наливається дезінфікаційний розчин (тип дезінфектанту та його концентрація залежить від виду БПА). Завчасно готуються спеціальні

квачі (ганчір'я, закріплене на держаку) для обробки взуття. Кожен працівник повинен виходити із зони зараження тільки після обробки взуття у дезінфекційному розчині [12].

Під час планування заходів з ліквідації надзвичайної ситуації, пов'язаної з роботою працівників у зонах біологічного зараження обов'язково повинно бути вирішено питання про повне санітарне оброблення. Для цього необхідно передбачити можливість розгортання дезінфекційно-душової техніки (автомобіля, причепа), або використання наявних лазень.

Гігієнічне миття працівників, залучених до ліквідації надзвичайної ситуації та її наслідків, рекомендовано здійснювати кожен день протягом всього періоду перебування в зоні біологічного зараження. Зміну верхнього одягу та білизни рекомендовано проводити що два дні.

Під час ліквідації надзвичайної ситуації важливо дбати про дезінфекцію одягу. Розглянемо два основних способи [12]:

Спосіб 1. Одяг замочити на 6-8 годину 3 % розчині мила із содою, прокип'ятити 15 хв., сполоскати в проточній воді та висушити.

Спосіб 2. Проведення камерної дезінфекції за режимом відповідно до виду застосованого небезпечного біологічного агента.

Для захисту працівників від біологічного зараження можна користуватися також одноразовим захисним одягом.

Для індивідуального захисту особового складу ліквідації надзвичайних ситуацій та їхніх наслідків в осередках біологічного зараження за потреби можна користуватися і протичумними костюмами першого типу, якщо не визначено збудника інфекційного захворювання.

Протичумний костюм забезпечує захист від зараження БПА в усіх випадках підозри на карантинні та інші особливо небезпечні інфекційні хвороби. Він захищає від зараження при всіх основних механізмах передавання збудників інфекційних захворювань - повітряно-крапельному, контактному та при укусах комах-кровососів.

При пошкодженні засобів індивідуального захисту під час роботи в зоні

біологічного зараження може виникнути так звана аварійна ситуація, коли на шкіру та/або слизові оболонки очей, рота, носа можуть потрапити БПА і призвести до можливого біологічного зараження та спричинити інфекційні захворювання. У разі пошкодження ЗІЗ працівник повинен повідомити про цей випадок керівника аварійно-рятувальних робіт і негайно вийти із зони біологічного зараження, де у встановленому порядку зняти захисний одяг та пройти часткову санітарну обробку. У подальшому здійснюється повна санітарна обробка із зміною верхнього одягу та натільної білизни.

Загальні висновки

У даній кваліфікаційній роботі:

1. Проведений технологічний розрахунок параметрів тістомісильної машини Т1-ХТА: потужність, продуктивність, привод діжі. Запропоновані заходи з модернізації конструкції місильного органу.

2. На основі результатів проведених досліджень запропоновано можливі варіанти конструктивного виконання місильної лапи, а саме, варіанти зміни форми та розмірів місильної лапи.

3. Шляхом комп'ютерного моделювання в програмному комплексі SolidWorks створені моделі варіантів виконання місильної лапи. Для усіх запропонованих варіантів конструкцій визначено навантаження, які створюються в процесі замісу. Проведено дослідження та аналіз величини напружень, що виникають на робочих поверхнях.

4. В процесі аналізу результатів обрано раціональний варіант конструкції перемішуючого органу. Здійснена оцінка впливу запропонованої модернізації на процес замішування. В результаті оцінки зроблено висновок, що проведена модернізація є доцільною та економічно вигідною в умовах виробництва.

5. Розроблено заходи з охорони праці при експлуатації тістомісильних машин в умовах виробництва, та окремі питання із безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Перелік посилань

1. Поперечний А.М. Процеси та апарати харчових виробництв / Поперечний А.М., Черевко О.І., Гаркуша В.Б., Кирпиченко Н.В.-К.:ЦУЛ,2007. 304с.Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. / Павлище В.Т. та ін. К.: Вища школа, 1993. 556с.
2. Васійчук В.О. Основи цивільного захисту. Навч. посібник / В.О. Васійчук, В.Є Гончарук, С.І. Качан, С.М. Мохняк. Львів: Видавництво НУ "ЛП", 2010. 417с
3. Закалов О.В. Технологічне обладнання харчових виробництв / Закалов О.В.,Закалов І.О. Тернопіль:Видавництво ТДТУ, 2000. 406 с.
4. Закалов О.В. Проектування підприємств харчової промисловості / О.В. Закалов, І.О. Закалов. Тернопіль: видавництво ТДТУ ім. І. Пулюя, 2007. 261с.
5. Лісовенко О. Г. - Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв. Київ: Наукова думка, 2006. 281с.
6. Мирончук В.Г. Обладнання підприємств харчової промисловості: підручник/В.Г. Мирончук. Віниця: Нова книга., 2007. 648с
7. Поперечний А.М. Процеси та апарати харчових виробництв / Поперечний А.М., Черевко О.І., Гаркуша В.Б.,Кирпиченко Н.В.-К.:ЦУЛ,2007. 304с.Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. / Павлище В.Т. та ін. К.: Вища школа, 1993. 556с.
8. Стадник І. Я. Процеси та машини для замішування тіста І І. Я. Стадник, О. Т. Лісовенко // Тернопіль: видавництво ТНТУ ім. І. Пулюя 2011.-212с.
9. Стадник І. Я. Процеси першої стадії замішування на новій тістомісильній машині / І. Я. Стадник // Вісник ТДТУ, Науковий журнал, випуск №2, том 14., Тернопіль-2009 С. 72-79.
10. Стадник І. Я Процеси другого періоду першої стадії замішування на новій тістомісильній машині /І. Я. Стадник // Вісник ТДТУ, Науковий журнал, випуск №3, том 14., Тернопіль-2009 -С. 81-85.

11. Стадник І. Я. Шляхи зниження енергозатрат при замішуванні тіста. І І. Я. Стадник // Вісник ТДТУ імені Івана Пулюя №1. Том. 13 Тернопіль, - 2008р.- 110-114с.
12. Цивільна оборона та цивільний захист: Підручник. — 2-гий вид., перероб. Затверджено МОН / Стеблюк М.І. К., 2010. 487 с.
13. Шевчук Я.М. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломного проекту для студентів спеціальності 7.090221107 “Обладнання харчових та переробних виробництв” / Шевчук Я.М., Галушак М.П. Тернопіль, 2001 28с.
14. Стадник І. Я., Пристрій для визначення реологічних властивостей тіста. / І. Я. Стадник , О. Т. Лісовенко, В. Я. Федів // Хранение переработка зерна, 2008р. - №11,. - С. 57-58.
15. Стадник І. Визначення питомої потужності вузла нагнітання / І. Стадник, О. Пилипець // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 60 річчя з дня заснування ТНТУ та 175 річчя з дня народження Івана Пулюя, 14-15 травня 2020.: ТНТУ, 2020. - С. 233.
16. Стадник І.Я., Паньків Ю.Ю. Метод інтенсивного формування фазового контакту компонентів при змішуванні. Volumul include materialele Simpozionului Științific Internațional „Realizări și perspective în inginerie agrară și transport auto” dedicat aniversării a 85 ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova. Chișinău : UASM, 2018. Vol. 51. P. 78–82.
17. І.Я. Стадник, В.А. Піддубний, О.В. Хареба, В.М. Федорів, В.В. Підгорний «Сучасні технології та енергетичні потоки при формуванні борошняних напівфабрикатів» монографія – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 392 с.
18. Igor Yaroslavovych Stadnyk, Juilia Pankiv, Petro Havrylko, Halina Karpyk. Researching of the concentration distribution of soluble layers when mixed in the weight condition. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. Slovak. 2019. Vol. 13. No. 1. P. 581 – 592.

19. Kharchii A., Boiko R., Stadnyk I. Y. (2022) Vplyv intensyvnosti zamishuvannia na fizyko-mekhanichni vlastyvoli tista [Influence of mixing intensity on physico-mechanical properties of the test]. Proceedings of the V International Student Scientific and Technical Conference "Natural Sciences and Humanities. Current Issues" (Tern., 28-29 April 2022), pp. 98-99 [in Ukrainian].
20. Boiko R. P., Kharchii A. V., Renik V. R. (2022) Vyznachennia ratsionalnykh parametriv palchykovoho robochoho orhanu tistomisylnoi mashyny [Determination of rational parameters of the finger working body of the kneading machine]. Proceedings of the International scientific-practical conference "Processes, machines, and equipment of agricultural and industrial production: issues of theory and practice". (Tern., 29-30 September 2022), pp. 47 [in Ukrainian].

ДОДАТКИ

[illegible]